

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Desenvolvimento de Solução BI para Sistema de Produção Industrial

Luís Miguel Landeiro da Silva Tiago

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: José António Rodrigues Pereira de Faria (Professor Doutor)

Supervisor Externo: Luís Diogo Braga (Engenheiro)

27 de Julho de 2017

Resumo

A avaliação do desempenho e dos custos associados à operação tem vindo a tornar-se uma crescente necessidade para qualquer organização que pretenda ocupar um lugar competitivo no mercado em que opera. No mundo laboral, onde termos como *lean* e *kaizen* se tornaram o foco de muitas organizações, surge a necessidade da implementação de aplicações de *Business Intelligence* capazes de providenciar informação que suporte a tomada de decisão.

Como tal, o objetivo desta dissertação reside na especificação e desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão, na área da produção industrial, capaz de utilizar os dados não tratados existentes na base de dados, para apresentar a informação de modo eficiente e intuitivo. Seguindo as noções de *Business Intelligence*, a aplicação desenvolvida não se foca na quantidade de dados apresentados, mas na sua importância para a tarefa do utilizador, proporcionando uma interface simples e um conjunto de ferramentas orientados à tomada de decisão. Este projeto foi motivado por uma declarada necessidade da organização TMG Automotive que, desta forma, potenciou a implementação prática desta aplicação.

De forma a obter uma aplicação significativa para a organização, foi utilizada a metodologia dos processos dos sistemas de engenharia, partindo da análise de soluções já existentes nesta área. O passo seguinte consistiu na determinação de um conjunto de necessidades, no desenho concetual de uma solução e, finalmente, na sua implementação. Para tal, foram utilizadas as ferramentas *Microsoft Visual Studio 2012*, *Microsoft SQL Server 2012* e *Microsoft Power BI*.

Abstract

The evaluation of the performance and the costs related with operation is becoming a rising necessity to every organization that desires to remain competitive in the area it operates. Terms like lean and kaizen have become the main goal of many organizations. This generates a necessity to implement Business Intelligence applications capable of providing the information needed to support decision making.

As such, the goal of this dissertation resides in the specification and development of a system to support decision making, in the area of industrial manufacturing, capable of using the raw data in the data base, to present information in an efficient and intuitive way. Based in the Business Intelligence way of thinking, the developed application does not focus in the quantity of data presented, but in the importance it represents to the user task, providing a simple interface and a set of tools oriented to the decision making. This project was motivated by the declared necessity of the TMG Automotive organization which boosted the practical implementation of this application.

The methodology used was the process of systems engineering, in order to obtain a meaningful application to the organization, through the analysis of already existing solutions on the field. The next step consisted in the definition of a group of necessities, in the conceptual design of the solution and, finally, in its implementation. Therefore, Microsoft Visual Studio 2012, Microsoft SQL Server 2012 and Microsoft PowerBI were used.

Agradecimentos

Uma dissertação envolve, para além da dimensão intelectual e científica, um envolvimento da dimensão pessoal do autor durante um período consideravelmente longo. Por isso, gostaria de começar por agradecer aos intervenientes que tornaram este projeto possível e aos que me apoiaram durante a sua realização a nível pessoal.

Deixo um grande agradecimento ao Prof. Doutor José Faria por ter aceitado entrar nesta jornada comigo. Toda a sua orientação, disponibilidade e paciência foram imprescindíveis para a realização desta dissertação.

Agradeço, também, ao Eng.^o Luís Diogo Braga pelo auxílio prestado ao longo da dissertação e à TMG Automotive por me terem possibilitado esta oportunidade única.

Quero deixar o meu agradecimento ao João Pedro Oliveira pela amizade criada nas instalações da TMG. O seu apoio foi muito importante.

Um grande agradecimento à Eng.^a Ana Fernandes, do INESC, que me ajudou nalguns problemas encontrados durante o desenvolvimento do projeto.

Um obrigado à grande instituição e pessoal docente da FEUP, que foi capaz de me preparar para um mundo exigente de uma forma sem igual. Aos docentes em especial, obrigado pela paciência e pela disponibilidade apresentada em todo este meu caminho no ensino superior.

Não posso esquecer os meus colegas da I101, sem eles não seria possível, neste momento, estar a concluir este curso. O apoio, motivação e momentos de partilha e descontração durante estes 5 anos foram essenciais para a experiência tão positiva que tive na FEUP. Além destes, quero agradecer a todos os meus colegas de curso, que de uma maneira ou de outra estiveram envolvidos na minha jornada. Vamos cruzar-nos muita mais vezes nos nossos futuros brilhantes, não tenho dúvidas.

Aos grandes e futuros engenheiros Bruno Moreira, Pedro Cardoso e Gonçalo Carvalho, a eles em especial, o meu maior obrigado pela fraternidade que desenvolvemos. Apesar de já há uns anos nos termos separado na FEUP, dadas as nossas escolhas de estudo, nunca pusemos de parte os laços de amizade que criamos. Tal apoio foi essencial para suportar alturas mais complicadas.

À minha família, em especial à minha mãe e ao meu irmão, deixo um imenso agradecimento. Os seus exemplos foram essenciais para atingir o que atingi. Ao meu irmão, obrigado pelos alertas e dicas dados por alguém que já realizou o mesmo percurso. À minha mãe, obrigado por me ter tornado no homem que sou hoje e pelo exemplo de força e coragem que foi e sempre será para mim.

Não me posso esquecer de agradecer à Mariana. O seu companheirismo e apoio foram essenciais nestes 5 anos e, especialmente, durante a realização da dissertação.

Por último, ao meu pai. Já não consigo estar com ele, mas sei que afetou a minha vida de uma maneira que tenha a força dele sempre comigo. A ele, dedico esta dissertação.

Luís Tiago

*“Every great and deep difficulty bears in itself its own solution.
It forces us to change our thinking in order to find it.”*

Niels Bohr

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Metodologia	3
1.4	Plano de Trabalhos	3
1.5	Estrutura do Documento	5
2	Análise de Soluções e Tecnologias	7
2.1	Soluções para Criação de <i>Dashboards</i>	7
2.1.1	Excel	7
2.1.2	<i>Microsoft Power BI</i> vs <i>Zoho Reports</i> vs <i>Dundas BI</i>	8
2.2	Análise das Tecnologias	9
2.2.1	<i>Business Intelligence</i>	9
2.2.2	<i>Data Warehouse</i>	10
2.2.3	<i>Online Analytical Processing</i>	11
2.2.4	<i>Data Mining</i>	12
2.2.5	<i>Key Performance Indicators</i>	13
2.3	Ferramentas de Desenvolvimento	14
2.3.1	<i>SQL Server Management Studio</i>	14
2.3.2	<i>Microsoft Visual Studio - BIDS</i>	15
2.4	Desenvolvimento do Primeiro Projeto de Teste	15
2.4.1	Conexão com o <i>Data Warehouse</i>	17
2.4.2	Criação de <i>Data Source Views</i>	17
2.4.3	Criação das Dimensões	17
2.4.4	Criação do Cubo	18
2.4.5	Visualização do Resultado	19
3	Organização da TMG Automotive e Produção	21
3.1	Análise do Caso da TMG Automotive	21
3.2	Análise da Produção	23
4	Análise dos Processos de Manufatura	27
4.1	Processos de Manufatura	27
4.2	Preparação	28
4.2.1	Planeamento	28
4.2.2	Preparação da Produção	28
4.3	Fabrico	29
4.3.1	Recobrimento	29

4.3.2	Extrusão	29
4.3.3	Lacagem	29
4.3.4	Gravação	30
4.3.5	Colagem	30
4.4	Avaliação da Qualidade	32
4.5	Elementos da Produção	32
4.5.1	Ordem de Execução e Entidade de Produção	33
4.5.2	Máquina	33
4.5.3	Artigo	33
4.5.4	Operação	34
4.5.5	Qualidade	34
4.6	Indicadores de Desempenho	35
5	Implementação e Resultados	39
5.1	Desenvolvimento do Cubo OLAP	40
5.1.1	Análise do <i>Data Warehouse</i>	40
5.1.2	Criação de <i>Data Source Views</i>	40
5.1.3	Criação das Dimensões	44
5.1.4	Criação do Cubo	45
5.2	Resultados Obtidos no Cubo OLAP	47
5.3	<i>Dashboard</i>	49
5.3.1	Obtenção dos Dados	49
5.3.2	Desenvolvimento da <i>Dashboard</i>	50
5.3.3	Resultados obtidos	50
6	Conclusões	53
6.1	Análise e Avaliação do Projeto	53
6.2	Perspetivas Futuras	54
A	Diagrama de Dados da Produção	55
	Referências	57

Lista de Figuras

1.1	Âmbito da dissertação e enquadramento nos sistemas de informação.	2
1.2	Fases do processo de Engenharia de Sistemas.	3
1.3	Fases da dissertação.	3
1.4	Plano de Trabalhos.	4
2.1	<i>Pivot table</i> e <i>dashboard</i> em <i>Excel</i>	8
2.2	Esquema de funcionamento do <i>Data Warehouse</i>	10
2.3	Exemplo de um cubo OLAP.	12
2.4	Interface do <i>SQL Server Management Studio</i>	14
2.5	Interface do <i>Visual Studio</i> - BIDS.	15
2.6	Diagrama de dados do Projeto de Teste.	16
2.7	Fases para desenvolvimento de um cubo OLAP.	17
2.8	Exemplo de uma dimensão.	18
2.9	Exemplo de uma relação criada entre medida e dimensão.	19
2.10	Utilização do browser para visualização dos dados no cubo.	20
2.11	Utilização do <i>Excel</i> para visualização dos dados no cubo.	20
3.1	Fluxo da indústria automóvel.	22
3.2	Organização interna da TMG Automotive.	22
3.3	Organização interna da produção.	23
3.4	Interações inerentes à produção.	23
3.5	Matriz de responsabilidades.	25
4.1	Fases e <i>baselines</i> da manufatura.	27
4.2	Fatores que influenciam o planeamento da produção.	28
4.3	Tarefas da fase de preparação da Produção.	29
4.4	Fluxo da produção.	31
4.5	Fluxo de produção de pastas PVC/PUR.	32
4.6	Organização das máquinas no chão de fábrica.	33
4.7	Organização dos artigos pela produção.	34
4.8	Organização das operações efetuadas pela produção.	34
5.1	Sequência de passos para a implementação do sistema.	39
5.2	Criação de uma nova tabela no DSV.	41
5.3	Criação de um membro calculado numa tabela já existente.	42
5.4	Dimensões criadas.	44
5.5	Dimensão tempo.	44
5.6	Dimensão máquina.	45
5.7	Estrutura do cubo desenvolvido.	45

5.8	Exemplo de um membro calculado usando a função <i>Calculation</i>	46
5.9	Criação de um KPI no BIDS.	46
5.10	Resultados relativos à concentração dos defeitos ao longo do dia.	47
5.11	Resultados relativos à concentração dos defeitos por local.	47
5.12	Resultados relativos à desagregação dos defeitos no local "Gravação".	48
5.13	Resultados obtidos no KPI.	48
5.14	Obtenção dos dados no <i>Power BI</i>	49
5.15	<i>Dashboard</i> exemplo realizada no MPBI.	50
5.16	Exemplo da adaptabilidade da <i>dashboard</i>	51
A.1	Diagrama de dados do DW referente à produção.	55

Lista de Tabelas

2.1	Comparativo entre MPBI, Zoho Reports e Dundas BI	8
2.2	Hierarquias de Artigo.	16
2.3	Hierarquias de Tempo.	16
2.4	Tabelas do DW utilizadas no Projeto Exemplo.	17
4.1	Graus de qualidade e informação correspondente.	35
4.2	Hierarquias de Máquina.	35
4.3	Hierarquias de Artigo.	36
4.4	Hierarquias de Operação.	36
4.5	Hierarquias de Tempo.	36
4.6	Quadro de Indicadores de Desempenho	37
5.1	Tabelas presentes no DSV referentes às dimensões.	42
5.2	Tabelas presentes no DSV referentes às medidas.	43

Abreviaturas e Símbolos

BD	Base de Dados
BI	Business Intelligence
BIDS	Business Intelligence Development Studio
DM	Data Mining
DW	Data Warehouse
DSV	Data Source Views
FA	Entidade de Produção
KPI	Key Performance Indicator
MPBI	Microsoft Power BI
OE	Ordem de Execução
OEM	Original Equipment Manufacturer
OLAP	Online Analytical Processing
PUR	Poliuretano
PVC	Cloreto de Polivinilo
SSMS	SQL Server Management Studio
TPE	Elatómeros Termoplásticos
VS	Visual Studio

Capítulo 1

Introdução

O presente documento apresenta o projeto desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, cujo principal objetivo consistiu no desenvolvimento de uma solução de *Business Intelligence* que possibilita a gestão da produção por parte da TMG Automotive.

Neste primeiro capítulo será explicado o contexto em que decorreu o projeto, a motivação para o seu desenvolvimento, respetivos objetivos, a metodologia adotada e o plano de trabalhos necessário para alcançar a solução.

1.1 Enquadramento e Motivação

Do ponto de vista de uma organização, a avaliação das suas operações através do cálculo de indicadores de desempenho representa, cada vez mais, uma crescente necessidade para alcançar sucesso. Sendo impossível alcançar a eliminação total de erros em casos reais, a redução das suas ocorrências é crucial para a produtividade e lucro da organização. Para tal, é cada vez mais frequente uma empresa implementar e/ou dispor de uma aplicação de *Business Intelligence* (BI) capaz de providenciar informação sobre as operações da mesma, através do cálculo destes indicadores.

O mercado dos sistemas de BI tem representado uma fatia cada vez maior no mercado da gestão empresarial, apresentando uma receita de 8,55 mil milhões de dólares em 2013, o que representa um aumento de 8,8% em relação aos 7,86 mil milhões de 2012 [1]. Estes valores comprovam que as empresas têm optado cada vez mais pela inclusão destas soluções nos seus sistemas de informação. O mesmo sucedeu, em 2010, na TMG Automotive, que verificou ser importante seguir a tendência e implementar este sistema de apoio à decisão. No entanto, o módulo referente à produção apresenta problemas.

Os sistemas de BI são sistemas que têm como objetivo o auxílio na tomada de decisões suportadas por dados [2]. Para tal, é necessário apresentar os dados de forma tratada para que estes tenham um valor significativo para os gestores. Dentro desta dinâmica, surgem os Indicadores de Desempenho, uma dimensão que está muito pobremente explorada no seio da organização, sendo

os dados maioritariamente utilizados para reportar situações específicas e não para providenciar informação sobre o desempenho geral.

O projeto desenvolvido nesta dissertação é constituído por dois submódulos, Gestão dos Dados e Geração de Relatórios, integrados na equipa de Sistemas e Informação da organização. Para tal, é necessário aceder aos dados e organizá-los em cubos OLAP, tecnologia que será apresentada no capítulo 2 deste documento. Somente após esta organização, é possível gerar plataformas para apresentação de relatórios ou informação relevante sobre outros formatos.

A figura seguinte apresenta os domínios de responsabilidade dos Sistemas de Informação da TMG Automotive, entre os quais se encontra o módulo dedicado à Monitorização do Processo [3]. Este projeto irá incidir sobre a região indicada na Figura 1.1.

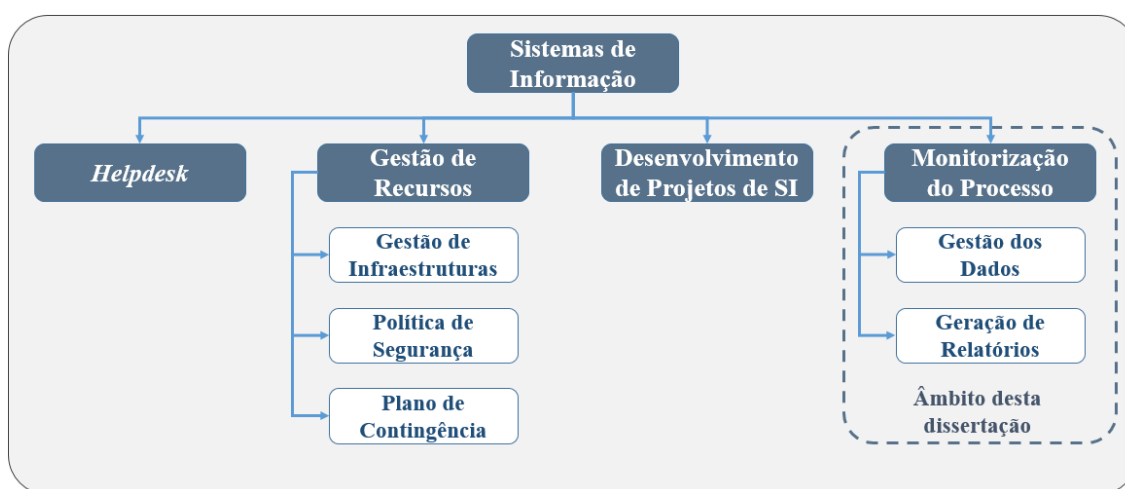


Figura 1.1: Âmbito da dissertação e enquadramento nos sistemas de informação.

1.2 Objetivos

A aplicação a desenvolver deverá ser capaz de tratar dados referentes à produção, resultando deste tratamento informação relevante para auxiliar a tarefa de um gestor da organização, sustentando as suas decisões. Esta aplicação terá de considerar os fatores de usabilidade e interatividade, permitindo uma utilização intuitiva, atrativa e informativa. Além disso, a aplicação tem de ser capaz de processar Indicadores de Desempenho (KPIs) previamente determinados, de forma a ser possível disponibilizar *feedback* da produção aos gestores.

Os processos e operações realizados pela produção da organização devem ser analisados e, posteriormente, mapeados de modo a adquirir o conhecimento necessário para o desenvolvimento da aplicação e Indicadores de Desempenho mais indicados para o caso especificado.

Os Indicadores de Desempenho utilizados na aplicação devem ter em consideração todos os processos produtivos contemplados na organização. Estes devem ser capazes de providenciar informação referente ao trabalho desenvolvido pela produção, à sua qualidade, aos custos associados e às durações de cada tarefa desempenhada pela mesma.

1.3 Metodologia

A abordagem utilizada para o desenvolvimento da resolução deste problema foi baseada nos processos de Engenharia de Sistemas. Esta mesma metodologia é apresentada na Figura 1.2.

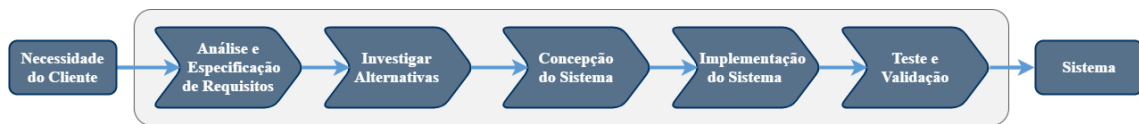


Figura 1.2: Fases do processo de Engenharia de Sistemas.

A principal vantagem da utilização desta abordagem reside na adaptação a qualquer problema de engenharia, tendo em conta as várias etapas do ciclo de vida do sistema. O seu objetivo é transformar as necessidades e requisitos de um cliente num produto ou sistema de produtos, utilizando para tal um conjunto de fases cujo produto da anterior é utilizado como entrada na seguinte [4].

Seguindo esta metodologia, foi projetado um plano de trabalho com a divisão do problema em diversas fases, onde o conhecimento/resultado adquirido na fase anterior é utilizado como entrada na fase seguinte para chegar à solução pretendida que corresponda aos objetivos apresentados anteriormente. Não obstante, o produto de cada uma das fases representa por si só uma mais valia para a organização. A Figura 1.3 apresenta as fases da dissertação e respetivos *baselines*.

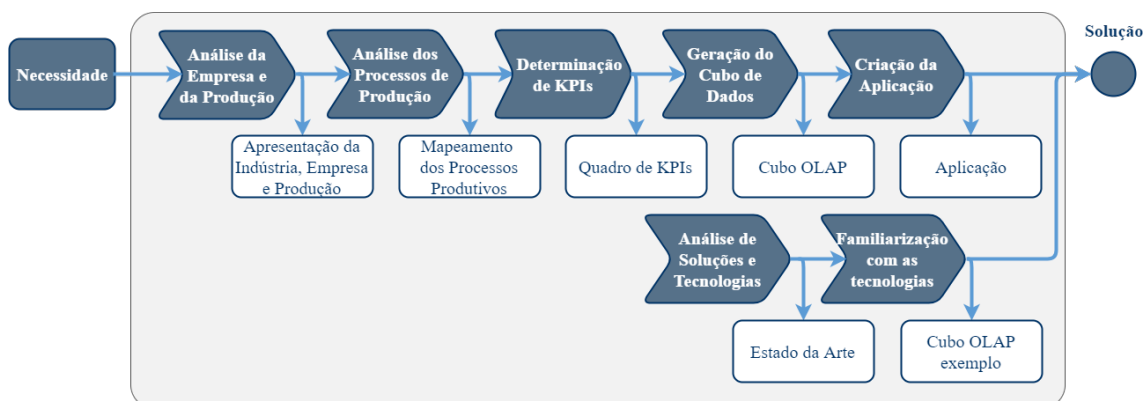


Figura 1.3: Fases da dissertação.

1.4 Plano de Trabalhos

O plano de trabalhos levado a cabo nesta dissertação é apresentado na Figura 1.4.

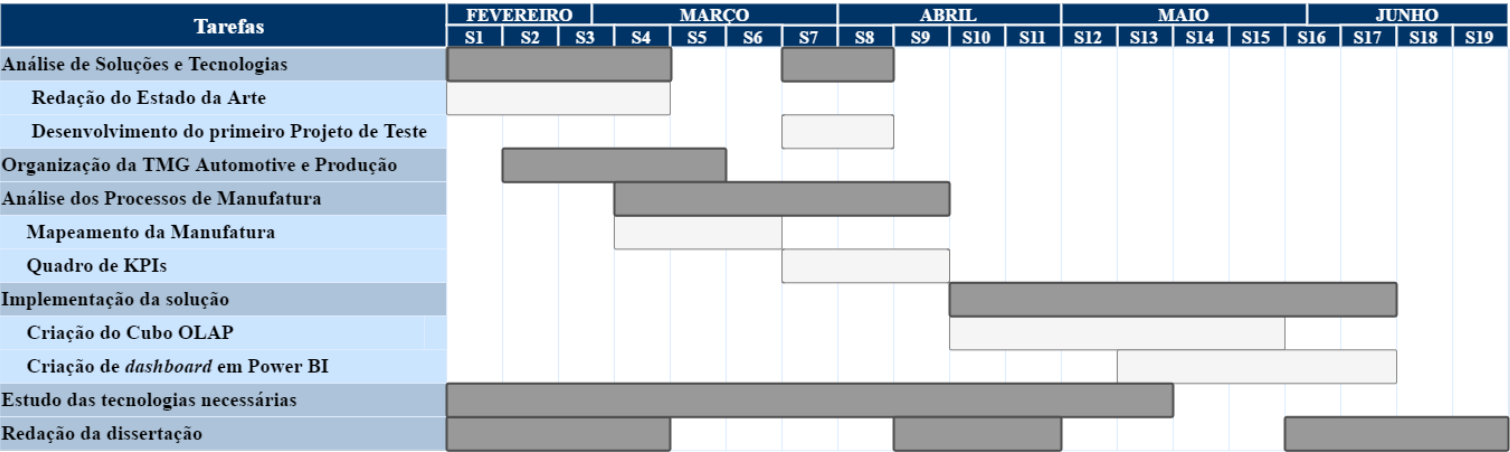


Figura 1.4: Plano de Trabalhos.

1.5 Estrutura do Documento

A estrutura do presente documento segue o plano de trabalhos apresentado, estando dividido da seguinte forma:

- **Análise de Soluções e Tecnologias:**

Tendo em conta a solução pretendida, foi feita uma revisão das soluções existentes na área da criação de aplicações para apresentação de dados obtidos por sistemas de BI e uma investigação das tecnologias envolvidas na mesma matéria. Este estudo foi realizado para procurar entender quais as características mais importantes para os utilizadores e, ao mesmo tempo, iniciar o processo de familiarização com os conceitos teóricos que acompanham o tema. O resultado desta fase pode ser encontrado no capítulo 2.

- **Análise da organização da TMG Automotive e Produção:**

Nesta fase, foi realizado um estudo do funcionamento geral da organização, incluindo a estrutura organizacional, o âmbito das suas funções e a sua posição na indústria automóvel. Simultaneamente, será também apresentada a organização da produção, considerando as suas entradas e saídas e relações com outras equipas. Os resultados desta fase serão apresentados no capítulo 3.

- **Análise dos Processos de Manufatura:**

Esta fase tem como finalidade a obtenção de conhecimentos aprofundados do modo de operação da organização, assim como dos seus processos produtivos. Esta fase é importante para a determinação de um quadro de indicadores de desempenho apropriados. Este conhecimento é crucial para o desenvolvimento de uma aplicação capaz de dar resposta às necessidades da organização. Os seus resultados estão expostos no capítulo 4.

- **Implementação e Resultados:**

No capítulo 5 será apresentado o conjunto de passos realizados para a criação de um cubo *On-line Analytical Processing* (OLAP) relativo à produção. Além disso, serão também apresentados alguns resultados obtidos através da implementação do cubo. Ainda neste capítulo, será demonstrada a prova de conceito desenvolvida para a implementação de uma *dashboard* que auxilie a tomada de decisão na organização e os seus respetivos resultados.

- **Conclusões:**

No capítulo 6 serão apresentadas as ideias retidas durante o desenvolvimento do projeto, assim como, as conclusões atingidas no desenvolvimento do mesmo. Além disso, será exposto um conjunto de medidas a praticar como possibilidade de melhoria futura.

Capítulo 2

Análise de Soluções e Tecnologias

Ao longo deste capítulo será feita uma análise a várias soluções de aplicações para criação de *dashboards* relativos a *Business Intelligence*, de forma a ser possível identificar funcionalidades importantes e vantagens/desvantagens apresentadas pelas soluções.

Em seguida, serão apresentados os resultados da pesquisa realizada sobre as tecnologias e ferramentas envolvidas neste projeto, sendo estas *Business Intelligence*, *Data Warehouse*, *Online Analytical Processing*, *Data Mining* (DM) e *Key Performance Indicators*.

Para o tratamento dos dados, recorreu-se ao *software* da *Microsoft*, especificamente o *SQL Server Management* e o *Visual Studio*, com extensão para *Business Intelligence*. Optou-se pela utilização deste *software* por já ser utilizado pela organização e será, portanto, abordado neste capítulo.

2.1 Soluções para Criação de *Dashboards*

Numa fase inicial, foi realizada uma pesquisa cuja incidência residiu na aplicação comercial mais vulgarmente utilizada, *Excel*. Para além desta pesquisa, foi realizada uma comparação entre algumas das principais ofertas na área.

2.1.1 Excel

O *Excel* é uma ferramenta versátil, poderosa e estabelecida, com muitos anos de presença na vertente empresarial, sendo atualmente utilizada na TMG Automotive para BI. Apesar de nem sempre associado a um sistema de apoio à decisão, o *Excel* possibilita o carregamento de cubos OLAP para posterior criação de *pivot tables* que auxiliam a análise e apresentação dos dados. No entanto, o *Excel* não foi projetado exclusivamente para este fim nem é este o seu principal foco. As suas *spreadsheets* são muito restritivas para a apresentação dos dados adquiridos e a sua interface não é a mais interativa de entre as ofertas existentes. Na Figura 2.1 é possível verificar um exemplo do uso de *pivot tables* e *dashboards*, em *Excel*, com o intuito de BI [5].

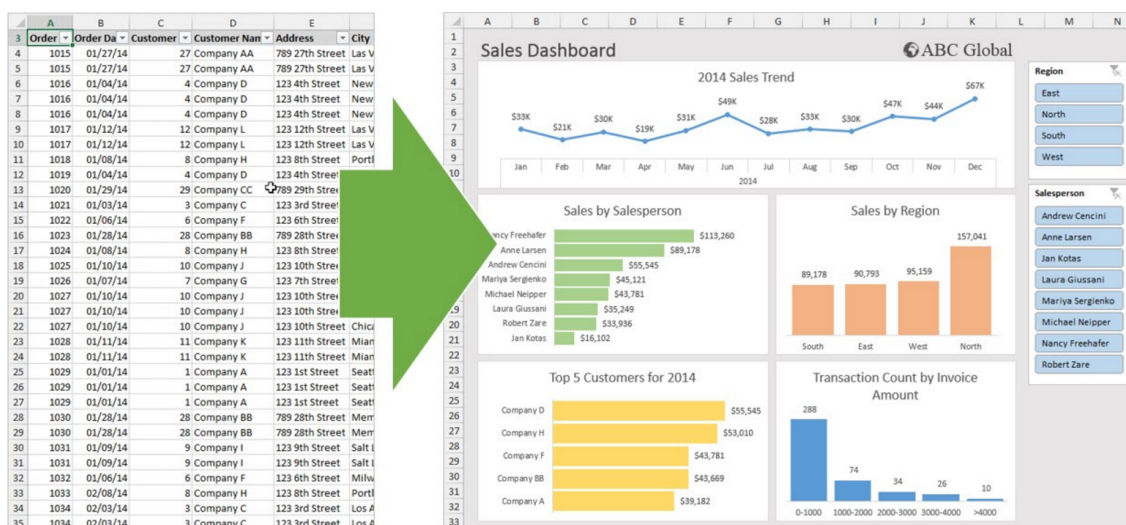


Figura 2.1: Pivot table e dashboard em Excel.

2.1.2 Microsoft Power BI vs Zoho Reports vs Dundas BI

Como alternativas ao anteriormente apresentado *Excel*, têm surgido, nos últimos anos, aplicações feitas de base com o intuito de serem utilizadas em BI, tornando-as mais *user friendly*, intuitivas e mais completas para o objetivo em questão. Dentro deste grupo, surgem o *Microsoft Power BI* (MPBI), o *Zoho Reports* e o *Dundas BI*, todos vocacionados para a apresentação de dados de diversas formas em *dashboards* customizáveis e que permitem a aquisição destes mesmos dados de diversas fontes. Estas foram as soluções selecionadas por possuírem uma vasta representação no mercado industrial e um sistema de suporte às organizações que as utilizam.

A Tabela 2.1 mostra muitas das funcionalidades que estas aplicações possuem e permitem usufruir, servindo, simultaneamente, como termo de comparação entre elas [6].

Tabela 2.1: Comparativo entre MPBI, Zoho Reports e Dundas BI

Características	Microsoft Power BI	Zoho Reports	Dundas BI
Plataforma Web	X	X	X
Aplicação Android	X	X	-
Aplicação Iphone	X	X	-
Aplicação Windows	X	-	-
Conta Freemium	X	X	-
API	-	X	X
Query Ad Hoc	X	X	-
Reporting Ad Hoc	-	X	X
Reports Customizados	X	-	X
Criação de Dashboards	X	X	X
Apresentação dos dados em multiformato	X	X	X
Integração Móvel	X	X	-
Dados em Tempo Real	X	-	X
Integração de Dados de Diversas Fontes	X	X	X

Apesar do MPBI não conter todas as funcionalidades apresentadas, este é o que mais contém. Para além disso, é de um fabricante com quem a organização possui uma relação pré-existente e oferece as funcionalidades necessárias para o trabalho a desenvolver.

Em suma, esta pesquisa representou um papel importante para a familiarização com algumas aplicações utilizadas atualmente e para a escolha de uma delas com o intuito da sua implementação no projeto desenvolvido, neste caso, o *Microsoft Power BI*.

2.2 Análise das Tecnologias

Tendo em vista a aquisição dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento da dissertação apresentada, foi necessário realizar um estudo teórico das tecnologias, o qual se encontra apresentado, de forma sumária, ao logo deste subcapítulo.

2.2.1 *Business Intelligence*

Howard Dresner, em 1989, definiu *Business Intelligence* (BI) como “um conjunto de conceitos e métodos para melhorar a tomada de decisão do negócio através da utilização de sistemas de suporte à decisão”. O conceito de BI é abrangente, mas pode ser entendido como o conjunto de metodologias, processos, arquiteturas e tecnologias que transformam dados não tratados em informação útil e com significado, através da identificação, extração, análise e apresentação eficiente, de modo a possibilitar uma tomada de decisão otimizada [7].

Reporting, online analytical processing, analytics, data mining, process mining, business performance management, benchmarking, text mining, predictive analytics e prescriptive analytics são funções comuns de tecnologias BI. Estas funções tornam possível o manuseamento e tratamento de grandes quantidades de dados, de forma a possibilitar a extração de informação relevante para o negócio. As funções de OLAP e DM serão abordadas com maior detalhe posteriormente, dada a sua relevância para o trabalho realizado.

A utilização de BI para tomada de decisões torna-se mais eficiente quando se recorre a dados relativos ao mercado onde a empresa opera juntamente com dados internos. Esta ação providencia uma “inteligência” que não pode ser obtida senão pela observação da imagem global [8]. Para a realização deste tipo de análises, em certos casos, é necessário recorrer ao armazenamento dos dados num *Data Warehouse* (DW).

As aplicações de BI numa empresa podem servir os seguintes propósitos [9]:

- **Medição:** cria um sistema de performance hierárquico mensurável que possibilita aos gestores o controlo do progresso dos objetivos;
- **Análise:** cria um sistema que, através da análise dos dados, permite atingir tomadas de decisão ótimas e obter novas informações sobre o negócio;
- **Reporting:** cria uma infraestrutura para *report* de forma a possibilitar uma gestão estratégica do negócio;

- **Plataforma de colaboração:** permite a partilha de informação dentro e fora do negócio através do intercâmbio eletrónico de dados;
- **Gestão do conhecimento:** possibilita que a empresa se torne *data-driven* através de estratégias e práticas para identificar, criar, representar, distribuir e permitir a adoção de gestão do conhecimento.

2.2.2 Data Warehouse

Data Warehouse (DW), também conhecido por *Enterprise Data Warehouse*, é um sistema de BI utilizado para *reporting* e análise de dados, sendo um dos seus componentes essenciais. DWs são repositórios centralizados de dados integrados a partir de uma ou mais fontes [10]. William H. Inmon definiu-o como “uma coleção de bases de dados integradas, orientadas ao sujeito, variáveis no tempo e não voláteis, desenhadas para auxiliar gestores na tomada de decisões” [11]. Baseado num banco de dados orientado para consultas de complexidade elevada, um DW permite uma redução ao acesso dos sistemas operacionais e a obtenção de uma visão geral do negócio da organização. A Figura 2.2 é representativa do esquema de funcionamento de um DW.

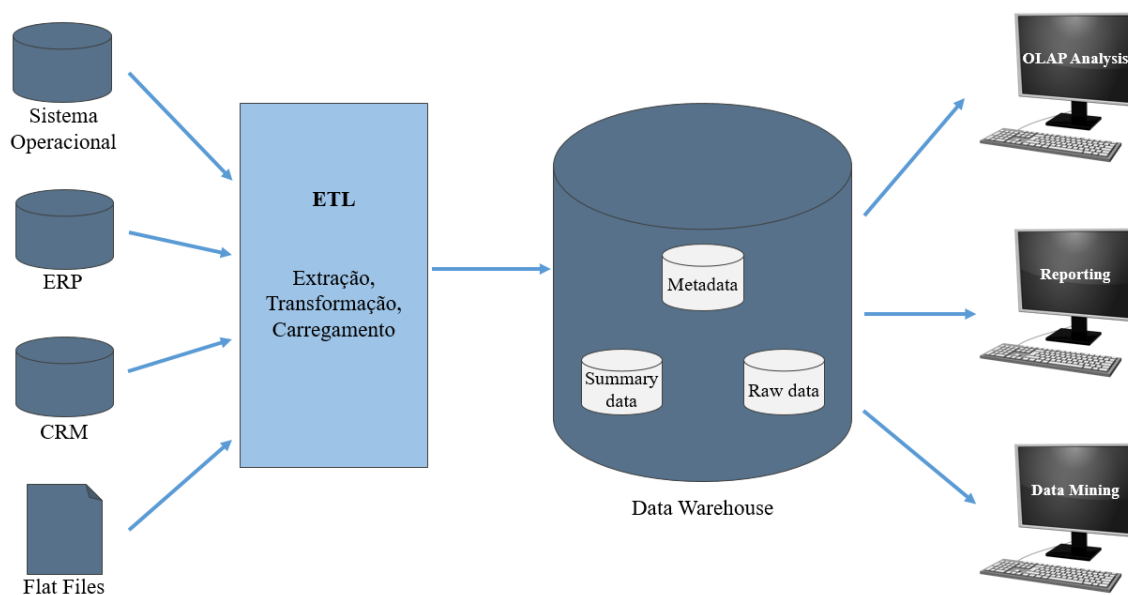


Figura 2.2: Esquema de funcionamento do *Data Warehouse*.

O DW mantém cópias da informação do sistema fonte, proporcionando assim à sua arquitetura a possibilidade de:

- Integrar dados de diferentes fontes numa só base e modelo de dados;
- Mitigar o problema de longos *locks* devido a tentativas de correr grandes quantidades de dados;
- Manter um histórico de dados;

- Melhorar a qualidade dos dados, através de códigos e descrições;
- Apresentar informação da organização de forma consistente;
- Apresentar um modelo de dados comum, independentemente da forma presente na fonte;
- Reestruturar os dados de forma a ter significado para os utilizadores;
- Reestruturar os dados de forma a potenciar a performance mesmo para perguntas complexas;
- Adicionar valor a aplicações operacionais do negócio.

Tal sistema deve, pelo menos, ter a capacidade de “consolidar, visualizar e analisar dados de acordo com múltiplas dimensões, de maneira a que estes façam sentido para um ou mais analistas da empresa a determinada altura no tempo.” [12]. Um nome genérico para sistemas que suportam este tipo de requisitos é *Online Analytical Processing* (OLAP).

2.2.3 *Online Analytical Processing*

Online analytical processing (OLAP) é “uma categoria de tecnologia de *software* que permite a analistas, gestores e executivos ganhar uma perceção dos dados, através do acesso a uma vasta possibilidade de visões dos mesmos, após terem sido tratados, para refletir a real dimensão da empresa de forma rápida, consistente e interativa.” [13].

A tecnologia OLAP tem como alvo conseguir obter informação contida em bases de dados que de outra forma passaria despercebida, respondendo a perguntas multidimensionais analíticas (MDA) [9]. Para tal, esta tecnologia recorre ao conceito de cubo. Estes cubos devem ser capazes de armazenar elevadas quantidades de informação de uma forma que possibilite a fácil recolha dessa mesma informação, assim como a pesquisa através da mesma pelas várias dimensões de dados. A informação presente nos cubos OLAP está separada em factos que possuem medidas (tabelas de dados) e dimensões (tabelas de metadados), de forma a ser possível obter o contexto dos factos. Os cubos seguem esta organização com o intuito de possibilitar aos utilizadores a obtenção das medidas mais consultadas, como médias, máximos, mínimos, contagens e/ou somas. Para a sua obtenção, é necessário o cubo possuir uma capacidade de fácil agregação de valores de uma mesma dimensão. Como as fontes dos dados podem ser as mais distintas (ex. sistemas ERP, relatórios de vendas, bases de dados da relação com clientes, ...), é necessária a realização de integração dos dados na altura do seu carregamento [14].

Por exemplo, na Figura 2.3, é visível um cubo aplicado ao contexto do projeto que tem como dimensões o tempo, o tipo de defeitos e os turnos e, como medidas, os acontecimentos desses defeitos. Uma visão importante a analisar seria saber qual a evolução temporal do número de defeitos para um dado turno em específico. Neste caso, o processo seria o de fixar a dimensão turno, observando apenas a evolução da relação entre as restantes duas dimensões.

As operações mais comuns efetuadas através da análise do Cubo são [15]:

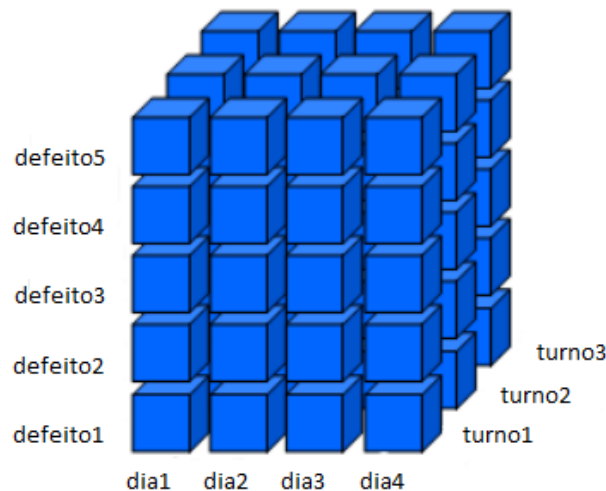


Figura 2.3: Exemplo de um cubo OLAP.

- **Selection/restriction:** esta operação restringe os resultados. Restrições podem ser realizadas nos dados ou em níveis das dimensões;
- **Slice:** limita o resultado ao criar um subconjunto de valores para uma dimensão, criando um subcubo. Esta restrição pode apenas acontecer em dimensões e não em medidas;
- **Dice:** realiza uma seleção em duas ou mais dimensões, criando um novo subconjunto de valores;
- **Drill up/down:** permite ao utilizador navegar ao longo de uma dimensão, analisando os valores das restantes;
- **Roll up:** permite a definição de uma fórmula, envolvendo as dimensões existentes, de forma a criar uma análise interdimensional;
- **Pivot:** operação que provoca a pivotação do cubo, dispondo as dimensões segundo diferentes orientações, dando assim outro ponto de vista dos dados.

No contexto de análise dos dados presentes no cubo e na descoberta de tendências e padrões nos mesmos, surge um novo termo, conhecido por *Data Mining*.

2.2.4 Data Mining

Data Mining (DM), também conhecido pela etapa de análise no processo de *Knowledge Discovery in Databases*, é “um processo não trivial, interativo e iterativo para identificação de padrões compreensíveis, válidos, novos e potencialmente úteis a partir de grandes conjuntos de dados.”

[16]. Para além da identificação de padrões, este tipo de tecnologia possui uma deteção de anomalias e de dependências entre fatores, utilizando, para tal, métodos que envolvem disciplinas desde a inteligência artificial até à estatística.

A complexidade deste processo reside na dificuldade de compreender e interpretar adequadamente inúmeros fatos observáveis durante a realização de processo e na dificuldade em conjugar dinamicamente tais interpretações, de forma a decidir que ações devem ser realizadas em cada caso.

Anteriormente ao uso de algoritmos de DM, é necessário que seja preparado um conjunto de dados suficientemente grande para que estes algoritmos consigam encontrar padrões nesse conjunto. Necessitando, ao mesmo tempo, de ser conciso o suficiente para serem *mined* em limites de tempo aceitáveis (pré-processamento). Fontes comuns de dados são os anteriormente referenciados DWs [17]. Pode então iniciar-se o processo de DM, cujo o objetivo se centra em seis tarefas [17]:

- Deteção de anomalias;
- Regras de associação;
- *Clustering*;
- Classificação;
- Regressão;
- Sumarização.

Uma fase de validação dos resultados obtidos através de DM é usualmente utilizada e desejada, pois este tipo de processos pode dar origem a resultados que parecem significantes, mas, na verdade, não representam o comportamento futuro do sistema [17].

2.2.5 *Key Performance Indicators*

Indicadores de desempenho, do inglês *Key Performance Indicators* (KPIs), são tipos de medidas que avaliam o sucesso de uma organização ou atividade em particular, sendo, por isso, componentes críticos de todos os sistemas de dados. Dados relativos a custos, variâncias, variações no escalonamento e o lucro por unidade de tempo são KPIs se calculados/utilizados corretamente. A medição do desempenho tem apenas um objetivo, melhorar a eficácia e eficiência dos processos [18].

Sendo que numa organização há vários fatores a avaliar e sobre os quais se pretende medir, devem ser considerados [19]:

- **Indicadores de eficácia**, relativos à qualidade do serviço prestado e à satisfação dos clientes;
- **Indicadores de eficiência**, relativos à produtividade e aos custos associados;

- **Indicadores de resultado** ou *lagging indicators*, que medem os resultados alcançados pela organização, medindo as consequências das decisões tomadas;
- **Indicadores indutores** ou *leading indicators*, que avaliam os fatores que potencialmente vão condicionar os resultados futuros da organização, antecipando o seu desempenho.

Tomando esta configuração, um dado conjunto de KPIs é considerado bom se permitir melhores tomadas de decisão, melhorar a performance do projeto, ajudar a identificar problemas mais rapidamente e melhorar as relações com os investidores [19].

2.3 Ferramentas de Desenvolvimento

Para o desenvolvimento deste projeto, foi necessário recorrer à utilização de tecnologias que possibilitam o tratamento de dados, quer seja a consulta ou até alterar/criar relações entre os mesmos. As tecnologias utilizadas para tal finalidade, tal como referido no início do capítulo, foram o *SQL Server Management Studio* e o *Microsoft Visual Studio* com a expansão para criação de projetos de BI, *Business Intelligence Development Studio* (BIDS).

2.3.1 SQL Server Management Studio

O *SQL Server Management Studio* (SSMS) consiste num ambiente integrado para o acesso, configuração, gestão, administração e desenvolvimento de todos os componentes de *SQL Server*. Para desempenhar tais funções de acesso à base de dados, o SSMS recorre a ferramentas gráficas e a editores de *script* [20]. Esta ferramenta foi escolhida por possibilitar a implementação da base de dados da produção, gerir os dados da mesma e a consulta dos seus valores através de *queries*. A Figura 2.4 apresenta a interface do SSMS.

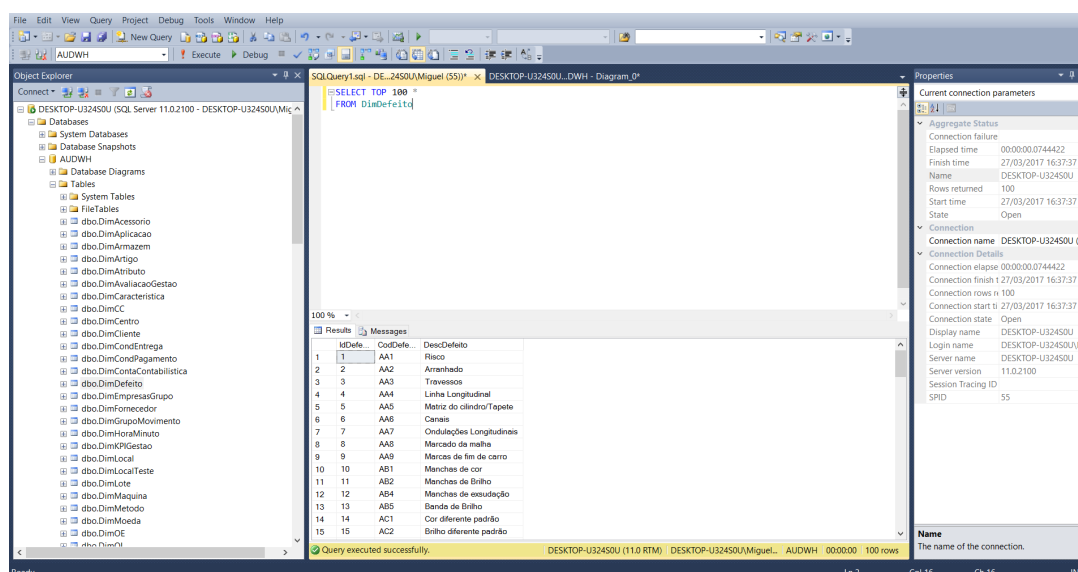


Figura 2.4: Interface do *SQL Server Management Studio*.

2.3.2 Microsoft Visual Studio - BIDS

O *Microsoft Visual Studio* consiste num conjunto ferramentas de desenvolvimento de aplicações de alto desempenho, sendo otimizado para o desenvolvimento, utilização e implementação das suas soluções numa organização. O VS trata-se de um IDE utilizado para o desenvolvimento de aplicações de interface com o utilizador, recorrendo a linguagens como o *C#*, *HTML*, *Javascript*, *CSS*, etc. [21]. Este é o *software* já utilizado pela empresa para as soluções implementadas atualmente.

Esta expansão possibilita ao utilizador a criação de projetos de *Analysis, Integration e Report Services*, apresentando para tal uma *dashboard* de trabalho orientada para este efeito. No caso desta dissertação, foi desenvolvido um projeto de *Analysis Services*, pelo qual será posteriormente abordada a operação sobre este tipo de solução em específico. Este tipo de projeto possibilita a ligação com uma base de dados e a criação de cubos OLAP usando a mesma. A interface do BIDS para um projeto de *Analysis Services* é apresentada na Figura 2.5.

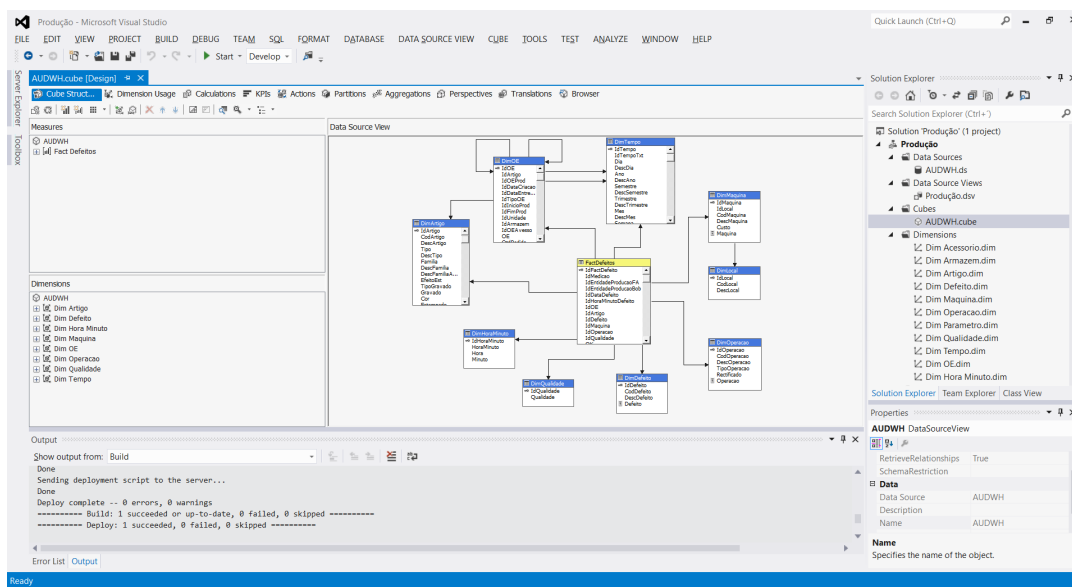


Figura 2.5: Interface do *Visual Studio* - BIDS.

2.4 Desenvolvimento do Primeiro Projeto de Teste

Com o intuito de familiarização com o BIDS e a criação de um cubo OLAP, foi realizado um projeto exemplo, em *Visual Studio*, focando-se apenas na análise dos dados relacionados com os defeitos. Este projeto tinha como objetivo desenvolver uma aplicação capaz de analisar o número de ocorrências de defeitos e a quantidade de material defeituoso sobre a componente temporal e a sua distribuição pelos diferentes artigos produzidos.

Os defeitos foram analisados segundo atributos presentes nas tabelas de metadados referentes aos artigos (*DimArtigo*) e ao tempo (*DimTempo*). A Figura 2.6 apresenta os atributos selecionados, as relações entre as tabelas e os dados presentes na tabela de defeitos (*FactDefeitos*).

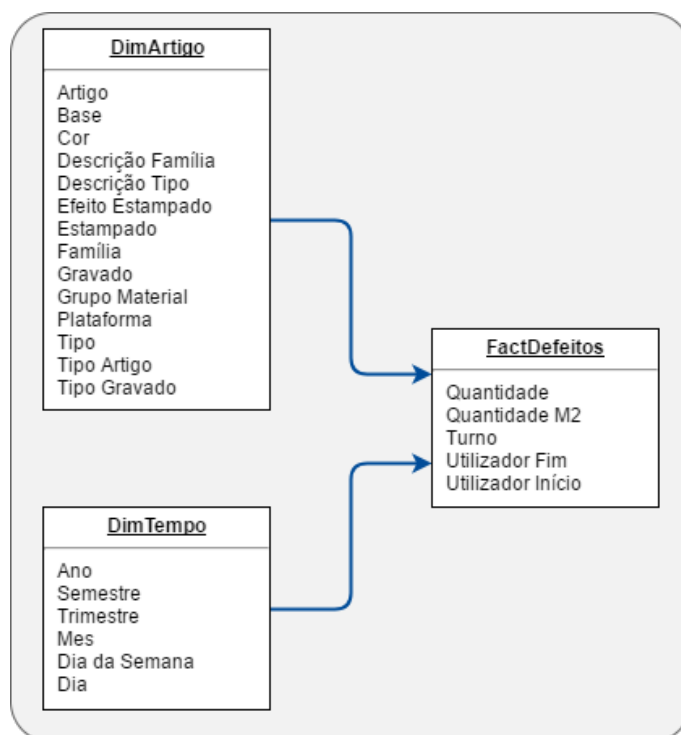


Figura 2.6: Diagrama de dados do Projeto de Teste.

De forma a obter-se uma análise agregada dos artigos ou do espaço temporal, procedeu-se à criação de hierarquias que possibilitam uma visão de conjunto dos vários atributos selecionados. As Tabelas 2.2 e 2.3 apresentam as hierarquias que foram criadas para a dimensão do artigo e para a dimensão temporal.

Tabela 2.2: Hierarquias de Artigo.

Hierarquias de Artigo				
Tipo Artigo	Família	Tipo Gravado	Estampado	Material
Artigo	Artigo	Gravado	Efeito Estampado	Artigo
		Artigo	Artigo	

Tabela 2.3: Hierarquias de Tempo.

Hierarquias de Tempo	
Ano	Ano
Semestre	Mês
Trimestre	Dia
Mês	
Dia	

O projeto e respetivas conclusões encontram-se explanados neste subcapítulo. As diferentes fases do projeto para obtenção de um cubo OLAP são apresentadas na Figura 2.7.

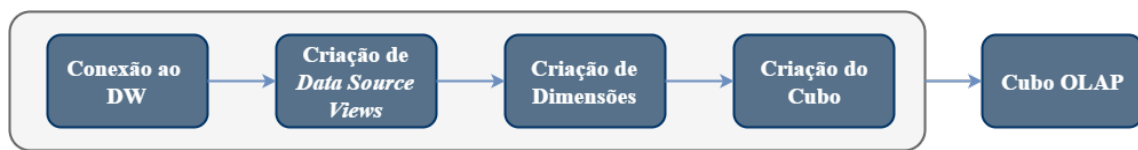


Figura 2.7: Fases para desenvolvimento de um cubo OLAP.

2.4.1 Conexão com o Data Warehouse

O primeiro passo para a criação de um cubo OLAP consiste na ligação do novo projeto de *Business Intelligence - Analysis Services and Data Mining* à base de dados que este irá utilizar para recolher informação para gerar o cubo pretendido. Para tal, é apenas necessário configurar o *path* para a base de dados, que neste caso é um *backup* local, e indicar a forma pretendida para efetuar a validação do utilizador. Tais ações são realizadas através de um *wizard*.

2.4.2 Criação de Data Source Views

A *Data Source View* (DSV) consiste numa primeira seleção da informação presente na DW, segundo a sua necessidade para a área que será analisada. Neste caso, apenas as tabelas cujos dados são relevantes para a produção foram selecionadas. Desta seleção, resulta um novo modelo relacional que pode ser alterado face ao presente no DW: podem ser criadas novas tabelas, criar novas relações entre as tabelas selecionadas e adicionar novas colunas de dados às mesmas.

Nesta seleção, estão presentes tabelas com dados, que serão utilizados como medidas, e com metadados, que serão utilizados como dimensões, aquando da criação do cubo OLAP. Os dados contêm a informação relativa a cada ocorrência, enquanto os metadados providenciam a informação que permite caracterizá-la.

Para o caso especificado da análise de defeitos, foi apenas selecionada uma amostra dos dados existentes no DW. A Tabela 2.4 apresenta essa amostra, juntamente com os dados nela contidos.

Tabela 2.4: Tabelas do DW utilizadas no Projeto Exemplo.

Tabela	Informação presente
DimArtigo	Tipo, família, gravado, estampado, material, base, cor e plataforma
DimTempo	Dias, dias da semana, meses, trimestres, semestres e anos
FactDefeitos	Quantidade e turno referentes a cada defeito detetado

2.4.3 Criação das Dimensões

Como referido anteriormente, um cubo OLAP é definido por um conjunto de dimensões (metadados) e medidas (dados). As dimensões são criadas através de um *wizard*, tal como nos casos anteriores. Para tal, basta selecionar a tabela da DSV, sobre a qual se pretende analisar os dados e escolher tabelas relacionadas com esta. Este último passo pode ser importante nos casos em que a informação referente à dimensão não se encontra somente na primeira tabela selecionada.

Após a conclusão do *wizard*, a dimensão é criada. Nesta fase, é necessário proceder a algumas alterações na sua estrutura. Estas consistem na definição dos atributos sobre os quais é pretendido analisar os dados, a definição de hierarquias para facilitar e organizar a visualização dos mesmos e o estabelecimento de relações entre os atributos da dimensão, como apresentado na Figura 2.8. As relações estabelecidas entre os atributos são essenciais para que no cubo seja possível pesquisar ao longo das hierarquias mantendo a veracidade dos dados.

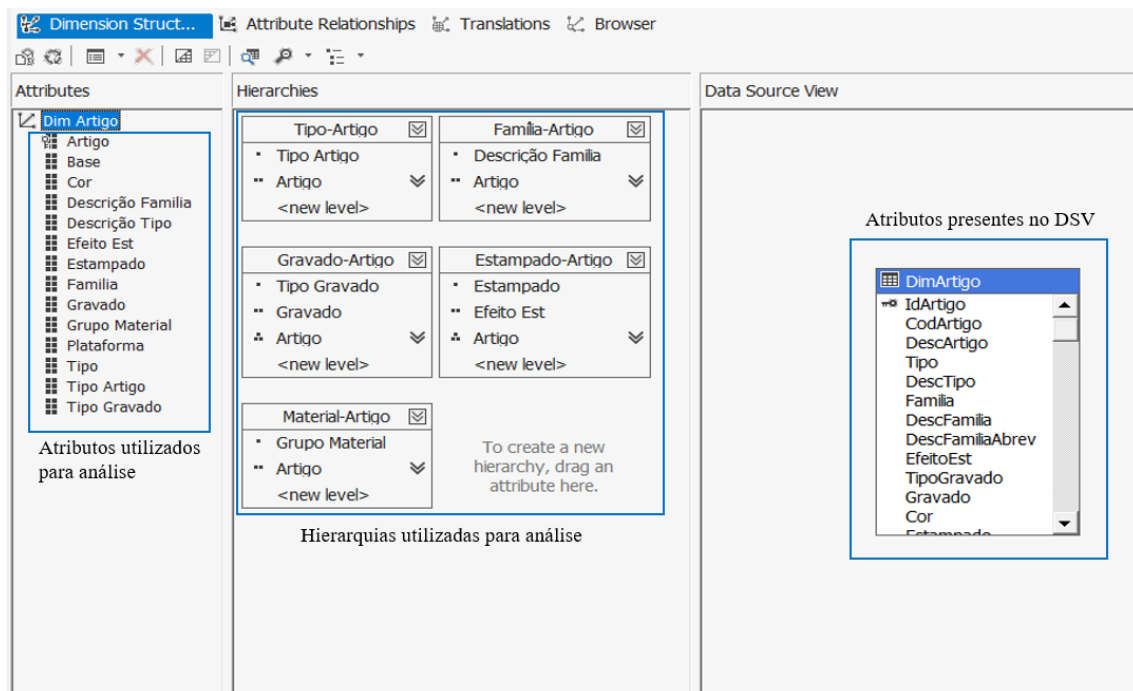


Figura 2.8: Exemplo de uma dimensão.

Além disso, o BIDS possibilita a capacidade de visualização prévia dos atributos e hierarquias definidos na dimensão. Esta funcionalidade é especialmente útil para observar a sequência pela qual os dados analisados serão apresentados e a organização das hierarquias. Um exemplo simples é a utilização de uma dimensão temporal. Esta pode ser assim analisada, tendo como objetivo verificar se os meses seguem a ordem cronológica e não a ordem alfabética, como geralmente pretendido. Desta forma, os dados sob análise, segundo esta dimensão temporal, serão apresentados com esta configuração.

2.4.4 Criação do Cubo

Posteriormente, é então possível proceder à criação do cubo OLAP. Para tal, recorre-se a um *wizard* semelhante ao dos casos anteriores. Neste é requerido a escolha de, pelo menos, uma tabela do DSV que contenha dados para análise (medidas). Tal análise será realizada segundo as dimensões escolhidas de entre as previamente criadas. É importante entender que, ao contrário das dimensões, as medidas não precisam de ser criadas.

Este conjunto de ações dá origem a uma matriz composta pelas dimensões e pelas medidas selecionadas, na qual é possível definir as relações entre estas. A esta matriz é dado o nome de *Dimension Usage*. No entanto, na criação do cubo são já estabelecidas, automaticamente, as ligações presentes no DSV. A Figura 2.9 apresenta o exemplo de uma relação criada na *Dimension Usage*.

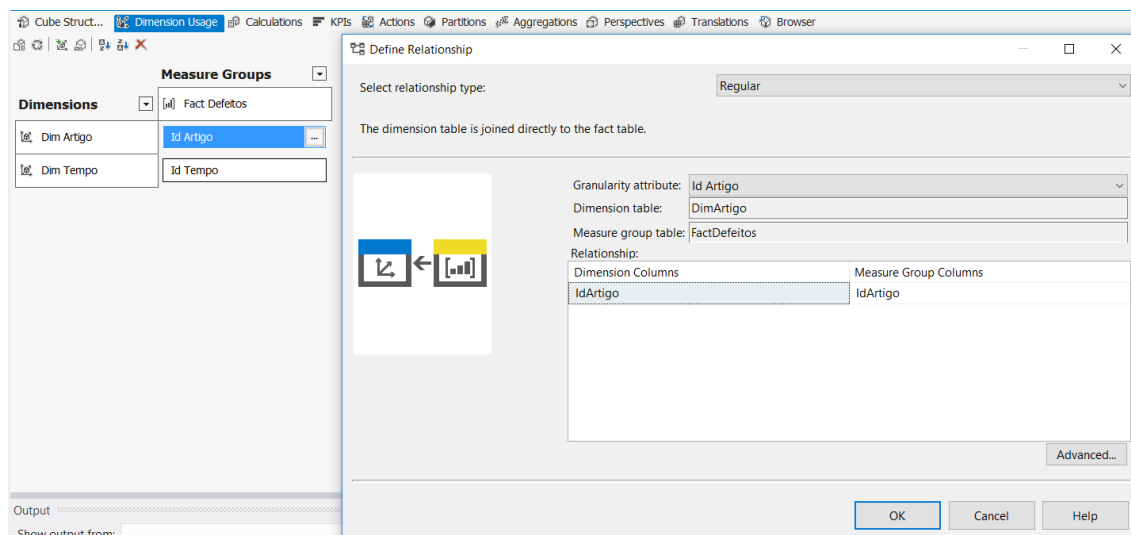


Figura 2.9: Exemplo de uma relação criada entre medida e dimensão.

Além disso, é também permitido adicionar novos membros calculados a partir das medidas ou das dimensões presentes no cubo. Esta função torna-se especialmente essencial aquando da criação de KPIs. Aqui, é necessário definir as expressões para o cálculo do KPI, o objetivo a cumprir, a definição de diferentes estados que o valor pode ocupar e a deteção de tendências. Para consultar o valor dos KPIs previamente definidos, é possível recorrer a uma janela específica do cubo, capaz de desagregá-los sobre as dimensões escolhidas. Além disso, é possível utilizar o *Excel* para o mesmo propósito, sendo este capaz de gerar gráficos dinâmicos com a informação presente no cubo. Exemplos do mesmo podem ser observados no capítulo 5, visto no projeto de teste não terem sido implementados os KPIs.

O BIDS permite a utilização de outras ferramentas para explorar os dados, como o recurso a agregações e ações. Estes não serão abordados por não terem sido incluídos no desenvolvimento deste projeto.

2.4.5 Visualização do Resultado

Tal como referido, é possível recorrer a duas formas distintas para visualização dos dados presentes no cubo: *browser* do BIDS e *Excel*. Os dados aqui apresentados seguem a estrutura definida previamente, no momento da criação do cubo. A Figura 2.10 apresenta um exemplo de consulta dos dados do cubo através do *browser*, neste caso, o número de ocorrências de cada tipo de defeito.

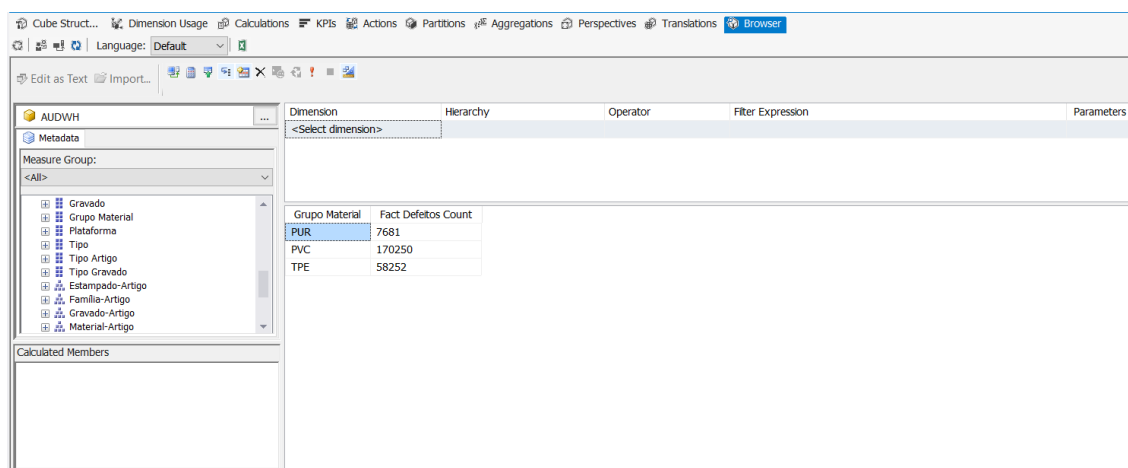


Figura 2.10: Utilização do browser para visualização dos dados no cubo.

Recorrendo ao *Excel*, é oferecida uma maior variedade de formas de consulta dos dados. Sendo possível utilizar tabelas e gráficos dinâmicos para apresentação dos mesmos. Um exemplo desta característica é apresentado na Figura 2.11.

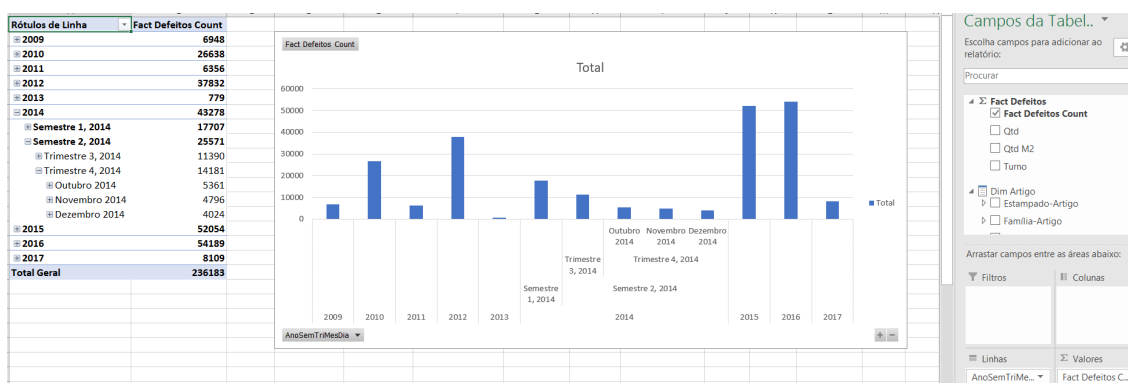


Figura 2.11: Utilização do *Excel* para visualização dos dados no cubo.

Capítulo 3

Organização da TMG Automotive e Produção

Neste capítulo será apresentada a organização da empresa na qual se desenvolveu a dissertação, sendo dada uma perspectiva do funcionamento geral da mesma. Além disso, será apresentada a respetiva produção, equipa a quem se destina o sistema, sendo salientada a sua organização interna e as relações que esta estabelece com as restantes equipas para cumprir a sua função.

3.1 Análise do Caso da TMG Automotive

O caso de aplicação decorreu na TMG Automotive, uma empresa cuja principal atividade reside na conceção e produção de folhas compactas ou expandidas de Cloreto de Polivinilo (PVC), Poliuretanos (PUR) e Elastómeros Termoplásticos (TPE), o revestimento de têxteis, bem como a confeção de materiais têxteis e/ou plastificados. Na indústria automóvel e noutras indústrias especializadas, é vista como o 2.º maior fornecedor europeu deste tipo de materiais, capaz de apresentar soluções globais de materiais para interiores de automóveis [22].

A indústria automóvel mundial representa um mercado de 10 biliões de dólares anuais, sendo, por isso, um dos mercados com maior peso a nível internacional [23]. O fluxo apresentado pela cadeia de abastecimento desta indústria encontra-se representado na Figura 3.1, onde se encontra assinalada, a cor mais escura, a posição ocupada pela TMG Automotive nesta cadeia.

O processo de fluxo de materiais/produtos entre esta cadeia inicia quando a *Original Equipment Manufacturer* (OEM), mais conhecido como construtor automóvel (ex. Mercedes-Benz), planeia o início de produção de um novo modelo automobilístico e publica a respetiva ficha técnica. A partir deste momento, inicia-se uma fase em que as empresas, que pretendem assegurar o fluxo dos componentes (ex. banco) à linha de produção do veículo, realizam testes e constroem protótipos dos mesmos de acordo com as especificações, tendo em vista ganhar direito à sua produção. Estes protótipos serão testados pela construtora, através de um concurso, decidindo qual a empresa de 1.ª camada (ex. Faurecia) que produzirá o componente em questão, durante o período de vida do modelo (geralmente entre 5 a 7 anos).

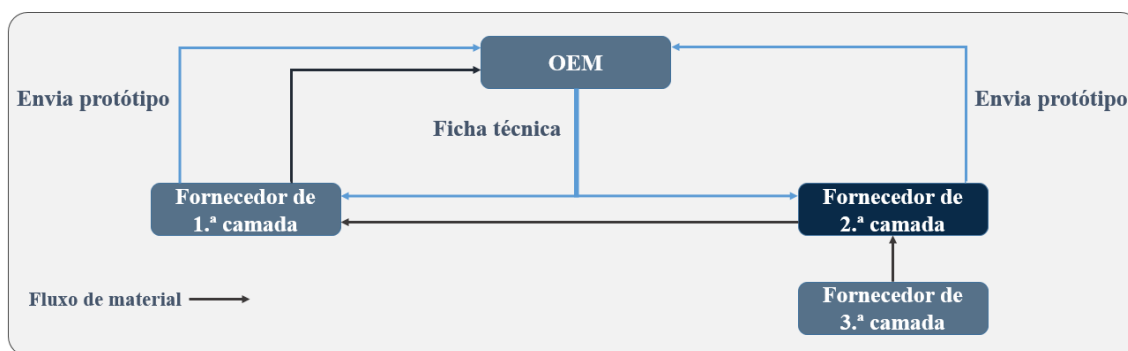


Figura 3.1: Fluxo da indústria automóvel.

Simultânea e similarmente ao processo anterior, a OEM irá avaliar também os materiais utilizados para o fabrico destes componentes e a respetiva cotação, cujas especificações também estão presentes na ficha técnica. A empresa que produz estes materiais (ex. material para estufar os bancos) é denominada como fornecedor de 2.ª camada (ex. TMG Automotive). Quando o processo de avaliação dos materiais termina e é escolhido um produtor do material, a OEM comunica ao fornecedor de 1.ª camada qual o resultado e, por isso, qual o fornecedor a quem este deve comprar o material. O fornecedor de 3.ª camada é, por exemplo, quem fornece o PVC à TMG Automotive para ser possível o fabrico do material para os bancos.

Para corresponder às expectativas desta indústria, a TMG Automotive apresenta uma estrutura organizacional que pode ser observada na Figura 3.2 [22]:

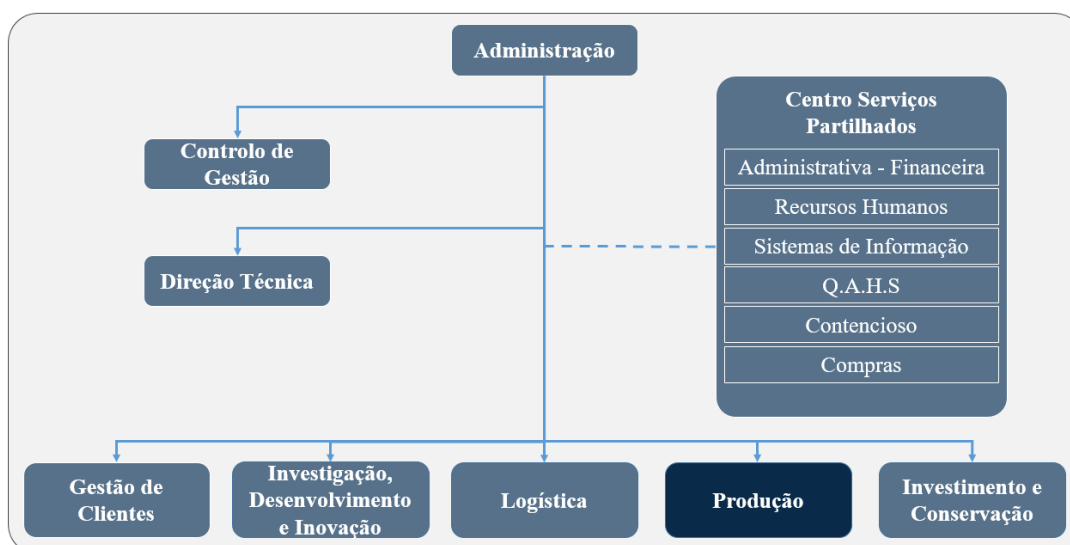


Figura 3.2: Organização interna da TMG Automotive.

3.2 Análise da Produção

Como é visível, encontra-se destacada na Figura 3.2 a equipa de produção, visto ser nesta o cerne do projeto a desenvolver. Torna-se então necessário compreender qual a organização interna e qual o trabalho desenvolvido pela equipa de produção, apresentada na Figura 3.3.

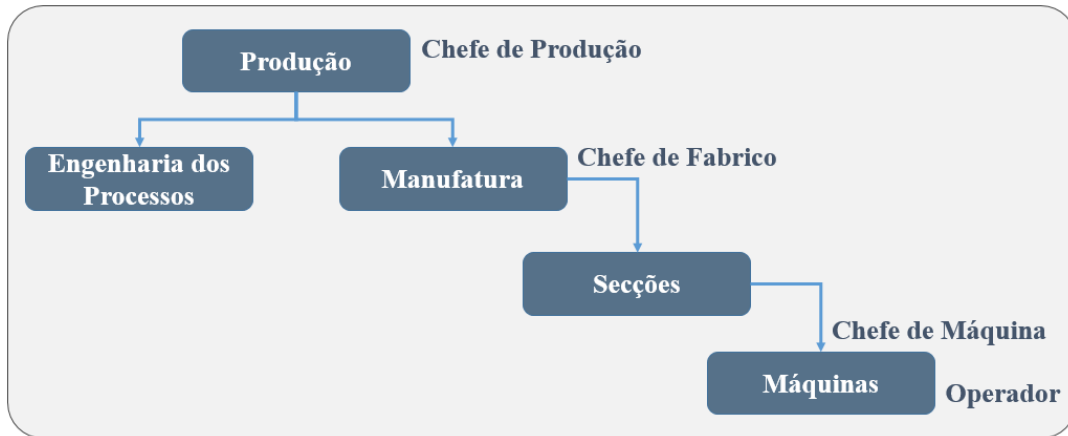


Figura 3.3: Organização interna da produção.

A principal atividade da produção é dar origem ao produto final a partir das matérias primas (PVC, PUR e TPE), assegurando a qualidade do produto, recorrendo ao mínimo de recursos possíveis. Além disso, a produção é também responsável pela tecnologia envolvida nos processos produtivos. Para tal, a equipa é dividida da forma apresentada na Figura 3.3, onde estão presentes os cargos junto da divisão correspondente [22]. Para realizar a sua atividade, a produção necessita de interagir com outras equipas. Tais relações são apresentadas na Figura 3.4.

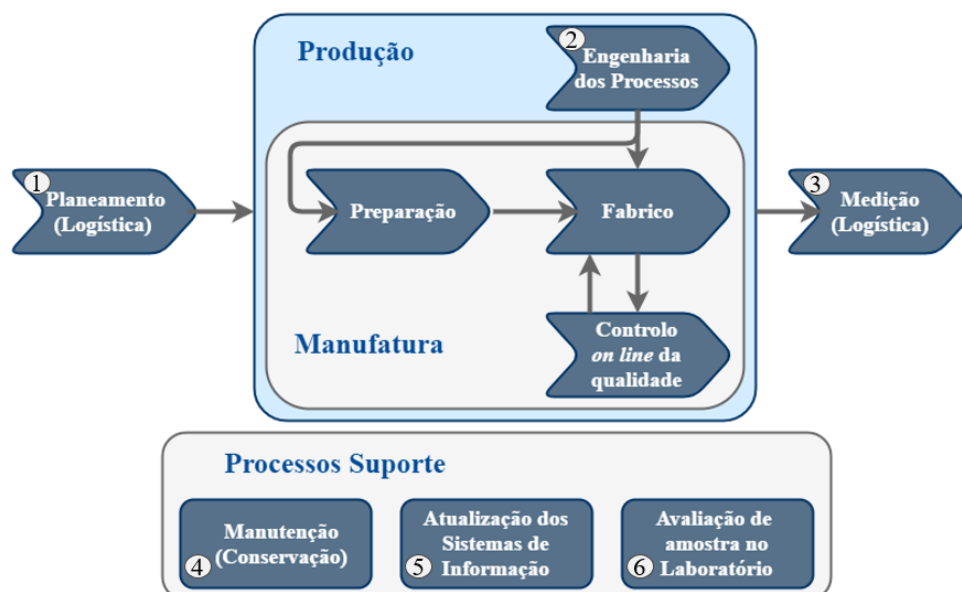


Figura 3.4: Interações inerentes à produção.

O sistema de produção, para funcionar, necessita da manutenção realizada às máquinas pela equipa de investimento e conservação (4), do planeamento da produção feito pela logística (1) e dos dados presentes nos sistemas de informação (5). Para além disso, a própria subequipa de engenharia dos processos, pertencente à produção, é responsável por determinar os parâmetros (2) para que cada tipo de artigo seja produzido conforme as fichas técnicas, representando, por isso, uma entrada da subequipa de manufatura [22].

O trabalho desenvolvido pela manufatura ocupa o cerne desta dissertação, sendo também importante entender de que forma esta se relaciona com a Engenharia dos Processos para juntos realizarem o trabalho da produção. As responsabilidades de cada equipa e/ou cargo e a sua contribuição para dar origem ao produto final são apresentadas na Figura 3.5 [22].

A manufatura é responsável pelo fabrico de cada produção, fazendo parte do seu trabalho a preparação do fabrico, o próprio fabrico e a avaliação da qualidade do produto realizada durante este processo. À saída do fabrico, o produto é um rolo de material do qual será retirada uma amostra de trinta centímetros para ser avaliada pela subequipa de laboratório da equipa de investigação, desenvolvimento e inovação. O restante material produzido segue para a medição (3), onde, após ser validado pelo laboratório (6), será observada toda a sua extensão, tendo em vista a deteção de não conformidades à vista desarmada. Simultaneamente a todo o processo de fabrico, o sistema de informação (5) vai sendo atualizado pelos dados lidos nas máquinas ou introduzidos pelos operadores no sistema de acompanhamento implementado no chão de fábrica [22].

Este projeto irá focar-se na análise dos processos realizados pela subequipa de manufatura, dada a ausência de muitos dos dados necessários para se realizar uma análise sólida da engenharia dos processos. Os processos de manufatura são apresentados no seguinte capítulo.

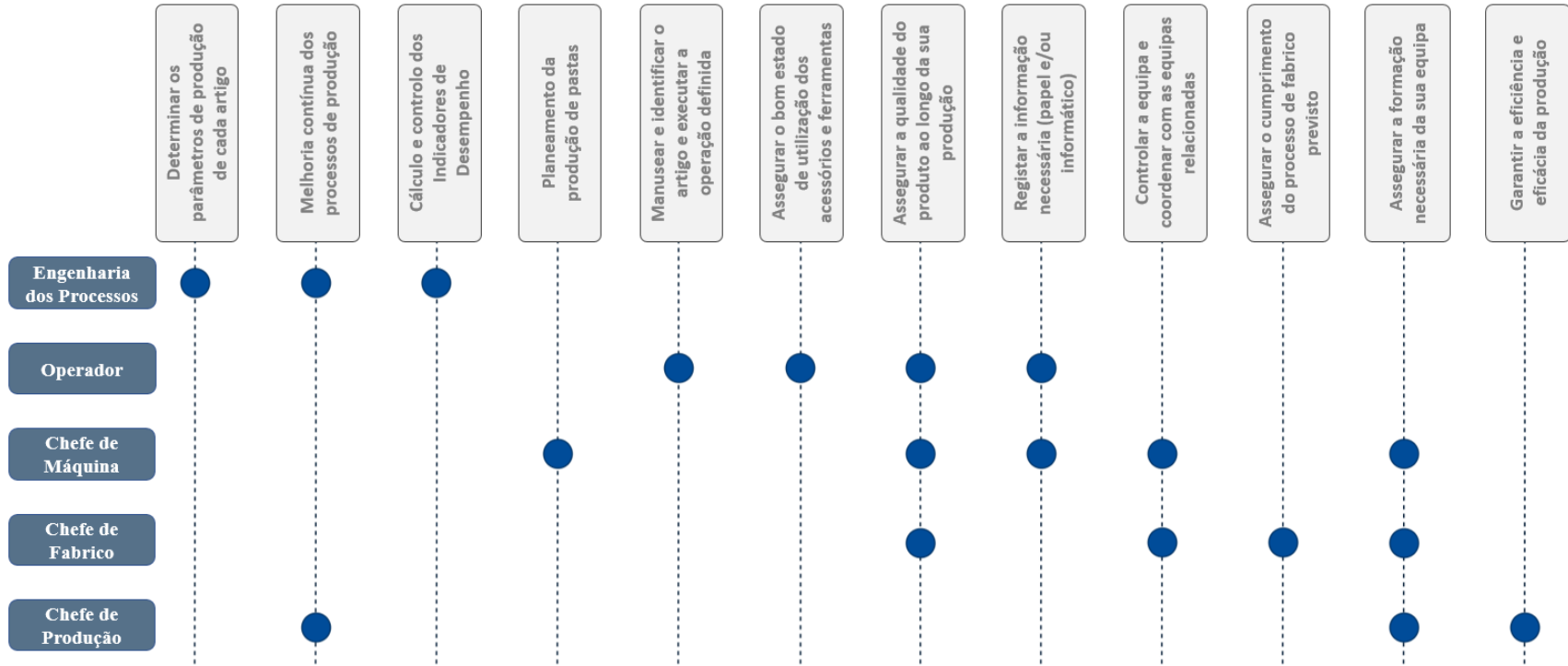


Figura 3.5: Matriz de responsabilidades.

Capítulo 4

Análise dos Processos de Manufatura

No desenvolvimento de uma aplicação que permite à equipa de produção ter um *feedback* das suas operações de manufatura, uma parte crucial é o estudo e compreensão de todos os processos realizados por esta. Tais noções trarão um melhor resultado, o que adicionará ao produto final desta dissertação uma eficácia superior. O propósito deste capítulo é transmitir os conhecimentos adquiridos, apresentando os resultados do estudo.

4.1 Processos de Manufatura

Os processos de manufatura estão divididos em três grandes fases, tal como apresentado anteriormente, cujos respetivos resultados se encontram apresentados na Figura 4.1 [24].

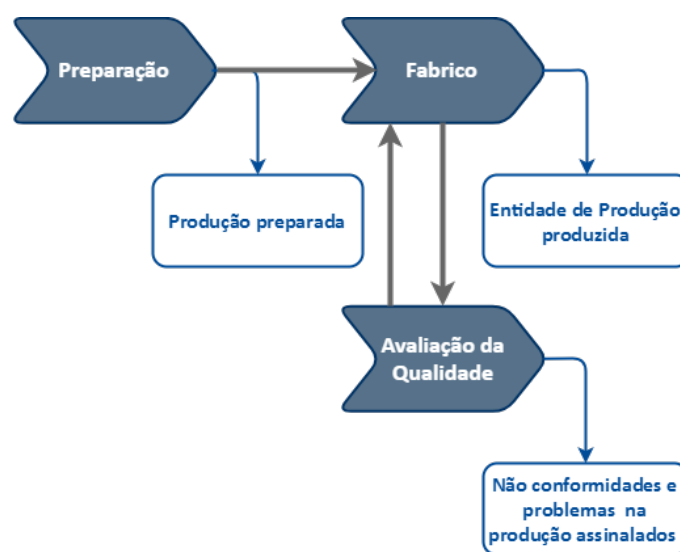


Figura 4.1: Fases e *baselines* da manufatura.

4.2 Preparação

Nesta fase, são realizadas todas as operações necessárias para dar início à produção de um determinado artigo. Apesar de não pertencer diretamente à fase de preparação, existe um planeamento da produção, realizada pela equipa de produção, que é importante no momento anterior à preparação dos materiais. Esta subfase será apresentada em seguida.

4.2.1 Planeamento

O planeamento do que é necessário produzir e quando este é feito é definido pela logística. No entanto, pela produção, é definido quando as pastas, material utilizado na produção do produto, são produzidas. Para tal, é tido em conta o prazo de fabrico e de entrega pretendido, a produtividade e a melhor utilização dos recursos humanos e equipamentos disponíveis [24].

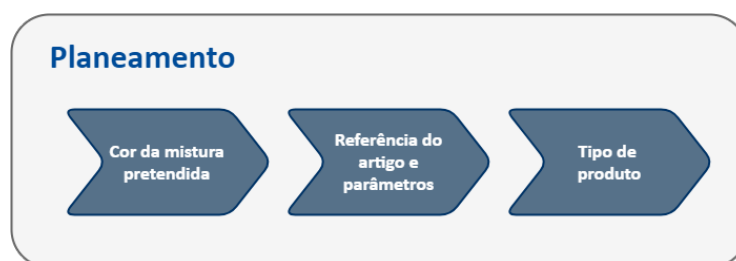


Figura 4.2: Fatores que influenciam o planeamento da produção.

Por este motivo, são tidos em conta diferentes aspetos, apresentados acima na Figura 4.2, de forma a potenciar o aumento da produtividade. Tais como [25]:

- A cor da mistura pretendida, apesar de não parecer evidente, representa um grande fator na disponibilidade do misturador. Isto resulta da utilização de um esquema de cores que vai da mais clara para a mais escura que reduz a quantidade de lavagens necessários do misturador e os custos associados;
- A referência é utilizada para que seja reduzido o número necessário de alterações dos parâmetros das máquinas. No planeamento, é dada primazia à execução sequencial com artigos cujos parâmetros requeridos são o mais aproximados possível. Este aspeto é considerado, pois provoca uma redução dos tempos de paragem das máquinas envolvidas;
- O tipo de produto que resultará daquela pasta, ordenando pela sequência Garmex – Pelgon. A produção de pastas a partir de PUR é feita noutros equipamentos.

4.2.2 Preparação da Produção

Após esta ordenação da produção das pastas, inicia-se então o processo de produção acima descrito. A primeira fase consiste na preparação de todos os intervenientes no processo de fabrico,

sejam estes materiais, máquinas ou operadores. É dada também importância à associação informática de todos os dados relativos ao produto. O processo de preparação encontra-se representado na Figura 4.3 [24].



Figura 4.3: Tarefas da fase de preparação da Produção.

4.3 Fabrico

No processo de fabrico destacam-se os cinco processos produtivos utilizados pela TMG Automotive para produzir o seu produto. Para entender o processo de manufatura, torna-se relevante ter conhecimento prévio dos processos produtivos, sendo estes, por isso, apresentados em seguida [24].

4.3.1 Recobrimento

O recobrimento é uma operação que consiste na deposição das pastas produzidas na cozinha de pastas em várias camadas de forma constante, sobre um papel especial para transporte (método indireto). Esta operação é repetida tantas vezes quanto o número de camadas determinadas pelo Processo de Fabrico de cada artigo. Na passagem pelas estufas, as camadas de pastas transformam-se em filmes plásticos ao serem sujeitas a altas temperaturas pré-determinadas (entre 180°C e 230°C). Tal acontece por um fenómeno distinto, dependendo da matéria prima utilizada: no caso de pastas de PUR, através da evaporação de solventes; enquanto que no caso das pastas de PVC acontece por gelificação.

4.3.2 Extrusão

A extrusão consiste na utilização de feiras em conjugação com o aumento de temperatura dos grãos de TPE até ser atingido um estado de fluidez (fusão), sendo estes, depois, solidificados em forma de filme na calandra. As feiras têm como função controlar a entrada da matéria prima na máquina. Características como a espessura do filme são definidas pela distância entre os rolos junto da calandra.

4.3.3 Lacagem

A lacagem é um processo que se baseia na deposição, camada sobre camada, das lacas produzidas na cozinha de lacas sobre o filme plástico produzido pelos processos de recobrimento ou

extrusão e passagem do material lacado por uma estufa para adesão das camadas. Esta operação confere ao artigo o brilho e tonalidade(s) de cor apropriada(s), quando aplicada no “direito” do artigo, e proporciona propriedades como a adesividade quando aplicada no “avesso”. É possível realizar quatro lacagens numa só passagem do material pelas máquinas de lacar.

4.3.4 Gravação

A gravação baseia-se no aquecimento do filme plástico produzido por recobrimento ou extrusão e na sua exposição a um painel de raios infravermelhos. Após este procedimento, o filme passa por dois rolos onde um deles tem, na sua superfície, gravado um determinado padrão ficando a superfície do filme com o desenho do padrão gravado. Este processo tem como objetivo conferir ao produto um acabamento estilístico de acordo com o esperado pela OEM.

4.3.5 Colagem

A colagem é a operação final de tratamento do produto e consiste na colagem de espumas sobre o filme plástico ou a malha. Este processo ocorre fazendo passar a espuma pré-aquecida juntamente com o filme plástico ou a malha por uma calandra. O pré-aquecimento é resultante da passagem da espuma sobre uma chama. No fim deste processo, o produto possui todas as características que lhe são exigidas, quer a nível de propriedades específicas como a adesividade, quer a nível visual.

Estes processos produtivos não são aplicados simultaneamente nem aplicáveis a todo o tipo de artigos. A Figura 4.4 apresenta o fluxo do processo de fabrico geral de qualquer possibilidade de artigo. Se o artigo usar como matéria prima o PVC ou o PUR, este seguirá o caminho superior da figura, enquanto que se for o TPE a sua matéria prima, este seguirá a sequência do meio. Em ambos os casos, o processo de produção de lacas é exigido. No fim de cada processo, é segregada uma secção ou a totalidade do produto, se este apresentar um número de defeitos, detetados pelo operador, superior ao aceitável. Este produto segregado segue para uma fase onde, se possível, os defeitos são revertidos, recorrendo a processos determinados para cada tipo de problema (por exemplo, a correção da cor). Se não houver possibilidade de reverter as não conformidades, o material ou é, preferencialmente, revertido a pasta ou descartado. Se o artigo for reparado, volta à linha de produção, avançando para a fase seguinte.

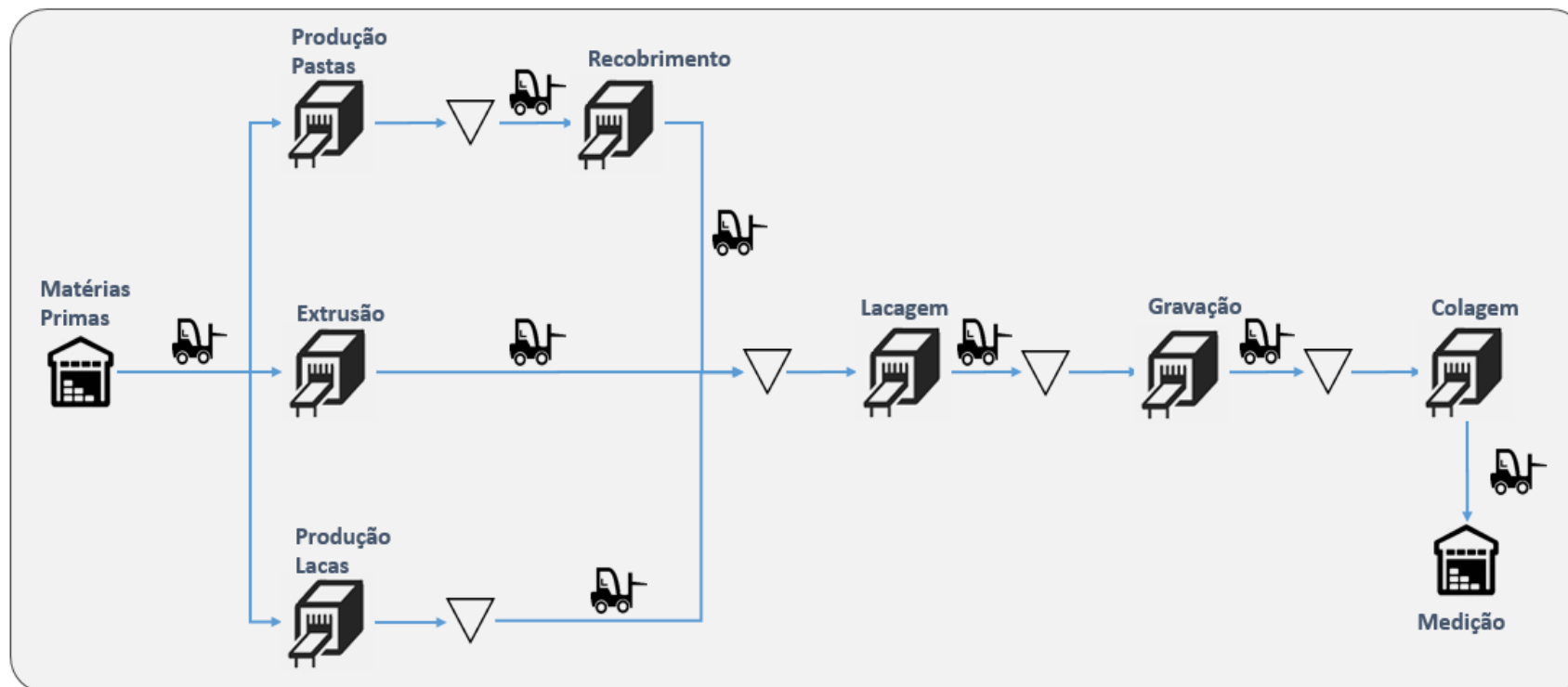


Figura 4.4: Fluxo da produção.

Como se pode observar, no caso do fabrico de materiais a partir de PVC e/ou PUR (não termoplásticos), é necessário produzir pastas a partir destas matérias primas. Este processo é responsável por preparar a matéria prima em questão para o seu uso na fase de recobrimento. As fases deste processo são apresentadas em seguida, na Figura 4.5, dada a sua importância para a produção e complexidade.



Figura 4.5: Fluxo de produção de pastas PVC/PUR.

4.4 Avaliação da Qualidade

O resultado do fabrico é um rolo do material especificado que tem o nome de FA. Esta entidade de produção tem no máximo 500kg devido ao peso máximo que os carros conseguem transportar. Apesar do controlo constante da qualidade do material ao longo de todas as operações de fabrico, o produto pode ter alguns defeitos concentrados numa área reduzida e a paragem do processo não se justificar. Por isso, após terminar a produção, este é submetido a uma fase que fará uma avaliação final da sua qualidade. Esta fase toma lugar num local denominado Medição e Revista, onde o produto é submetido a várias operações [24]:

- Medição;
- Revista;
- Emendas;
- Marcação de defeitos;
- Classificação da qualidade da peça.

4.5 Elementos da Produção

Para a realização das suas tarefas, a produção necessita de recorrer a determinados elementos. A estrutura dos mesmos será apresentada neste subcapítulo, de forma a providenciar o conhecimento necessário, quer para uma melhor compreensão das operações realizadas pela produção, quer para a determinação de um bom conjunto de KPIs.

4.5.1 Ordem de Execução e Entidade de Produção

O planeamento da produção é realizado de modo a privilegiar a contínua produção do mesmo artigo, com o intuito de reduzir o número de *setups* efetuados em cada máquina. Tendo por base este ideal, é frequente, numa ordem de execução, a produção de uma quantidade de material superior à capacidade de carga de um carro de transporte (500kg). Por este motivo, é necessário dividir uma ordem de execução em várias entidades de produção com quantidades possíveis de transportar.

4.5.2 Máquina

De forma a ser possível visualizar o trajeto realizado pelos artigos durante a sua produção, é importante compreender a distribuição das máquinas pelo chão de fábrica da organização. Devido a um maior crescimento do que o previsto nas vendas e na procura, a organização viu-se obrigada a crescer de uma forma improvisada, sem grande organização ou controlo da mesma. Por isso, priorizou-se a facilidade de montagem das máquinas, ao invés da ocupação de lugares vantajosos para a linha de produção. As máquinas estão dispostas segundo a função por elas efetuada, estando organizadas por tipo de operação. Tal organização é apresentada recorrendo à Figura 4.6.

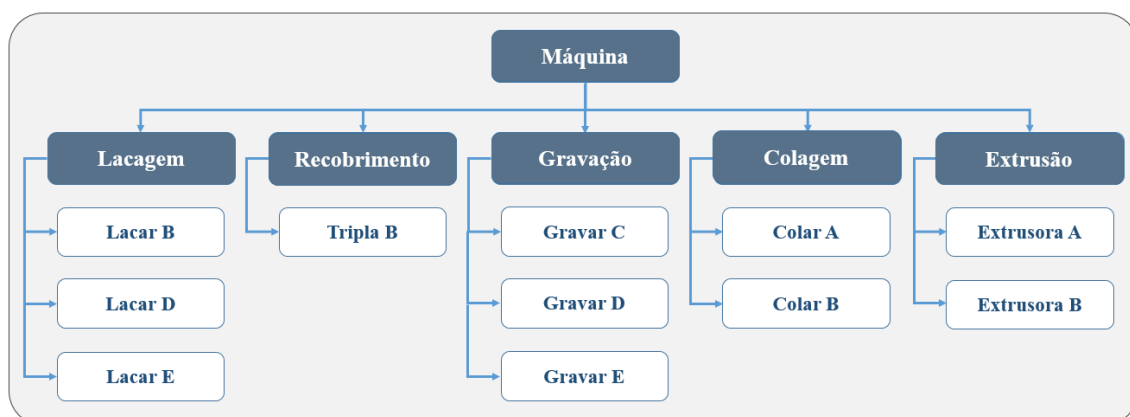


Figura 4.6: Organização das máquinas no chão de fábrica.

4.5.3 Artigo

Similarmente às máquinas, é importante definir os diferentes tipos de artigos utilizados na produção. Para a organização, os artigos não são apenas o produto dos processos de fabrico mas também as matérias primas e acessórios utilizados, assim como alguns resultados intermédios do artigo em produção. Ao tipo de artigo que irá representar o produto final, a organização dá o nome de produção. Por isso, e dada a sua maior importância para o projeto a desenvolver, este é apresentado em maior detalhe na Figura 4.7. Apesar de existirem mais tipos de artigos, os mencionados representam a quase totalidade dos artigos produzidos na organização.

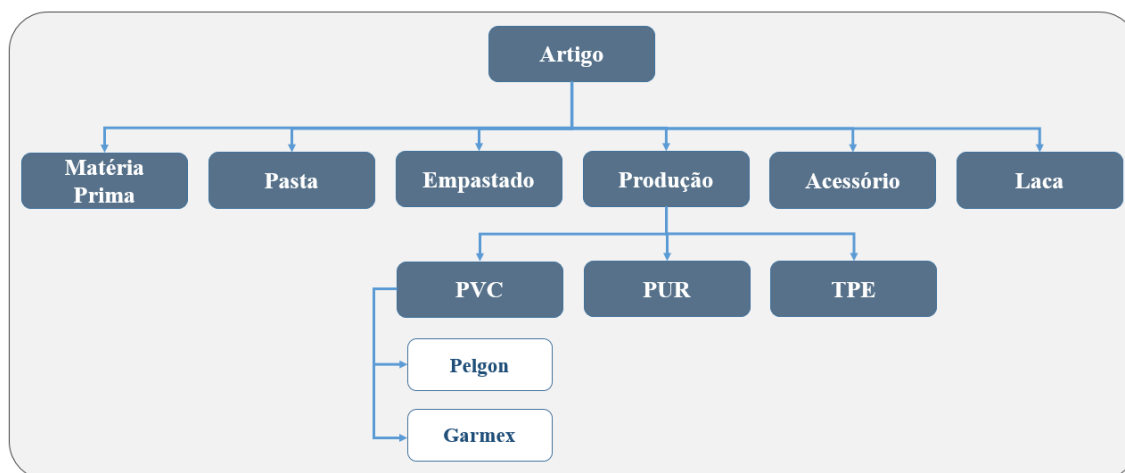


Figura 4.7: Organização dos artigos pela produção.

4.5.4 Operação

Do mesmo modo, a realização de uma análise das operações efetuadas pela organização apresenta um importante valor. Esta análise permitirá uma melhor compreensão das tarefas da produção e, simultaneamente, distinguir as operações de valor acrescentado das restantes. Através desta análise, foi possível identificar a existência de três tipos distintos de operações: operações relacionadas com a produção direta do artigo da produção, operações acessórias a esta, por exemplo, preparar a máquina para nova produção, e operações não agendadas, por exemplo, a correção de um defeito. A Figura 4.8 apresenta os distintos tipos de operações previamente referidos.

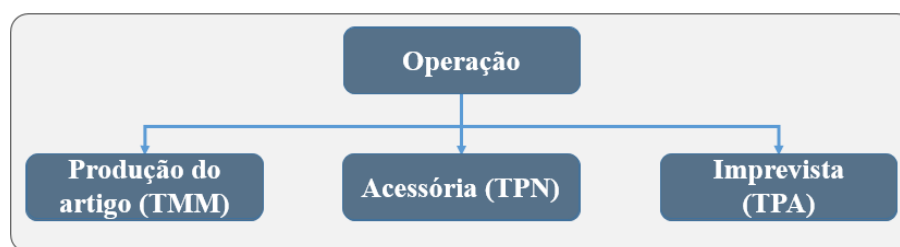


Figura 4.8: Organização das operações efetuadas pela produção.

4.5.5 Qualidade

Na produção é atribuído um valor qualitativo a cada entidade de produção, tendo em conta o grau de correspondência com as especificações definidas para o artigo em questão. Este valor tem influência direta na aceitação da entidade de produção para venda. Se esta obtiver um valor de qualidade insatisfatório, será destruída ou retificada. É necessário entender que é aceitável uma determinada quantidade de defeitos por metro quadrado de produto. A tabela 4.1 apresenta o significado dos graus de qualidade de possível atribuição na organização.

Tabela 4.1: Graus de qualidade e informação correspondente.

Qualidade	Informação
A	Excelente qualidade
B	Boa qualidade
C	Aceitável para venda
F	Inaceitável para venda
R	Já retificada

4.6 Indicadores de Desempenho

Tendo em vista a obtenção de um cubo OLAP mais robusto e completo, foi realizado um estudo dos Indicadores de Desempenho a ter em consideração no desenvolvimento do mesmo. Para tal, foi analisada a matriz de responsabilidades previamente apresentada, os fluxos observados, as tarefas executadas na produção e os respetivos elementos envolvidos. No presente subcapítulo, será apresentado o estudo realizado neste âmbito e os resultados do mesmo, ou seja, o quadro de KPIs obtido.

Para uma melhor gestão dos indicadores, recorreu-se a uma divisão por categorias. As mesmas foram estabelecidas segundo a proveniência dos indicadores:

- indicadores de produção: relativos à quantidade produzida pela organização;
- indicadores de qualidade: relativos à eficiência da produção e à qualidade do trabalho desenvolvido pela mesma;
- indicadores de tempo: relativos às durações das ações tidas a cabo pela produção;
- indicadores de custos: relativos aos custos intrínsecos à produção.

Dada a complexidade do problema apresentado, recorreu-se ao conceito de *drill down*, que se pode traduzir por desagregação. Este consiste no aprofundamento do conhecimento, focando-se, para tal, numa só dimensão do mesmo. Para este conjunto de indicadores de desempenho, foram consideradas as seguintes categorias de *drill down*: máquina, artigo, operação, tempo, qualidade e defeito. Para tal, e após consultar o DW, foram realizadas hierarquias para cada categoria cujos dados o possibilitavam. As Tabelas 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 apresentam as hierarquias criadas para as categorias: máquina, artigo, operação e tempo, respetivamente. As categorias qualidade e defeito não apresentam dados que proporcionassem a criação de hierarquias.

Tabela 4.2: Hierarquias de Máquina.

Hierarquias de Máquina	
Máquina	Local
Custo	Máquina

Tabela 4.3: Hierarquias de Artigo.

Hierarquias de Artigo				
Tipo Artigo Artigo	Família Artigo	Tipo Gravado Gravado Artigo	Estampado Efeito Estampado Artigo	Material Artigo

Tabela 4.4: Hierarquias de Operação.

Hierarquias de Operação
Tipo Operação Operação

Tabela 4.5: Hierarquias de Tempo.

Hierarquias de Tempo	
Ano Semestre Trimestre Mês Dia	Ano Mês Dia

Em suma, utilizando o conhecimento adquirido do estudo dos processos de manufatura e a estrutura apresentada, foi efetuado o quadro de indicadores apresentados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Quadro de Indicadores de Desempenho

Indicadores de Desempenho		Desagregar por					
ID	Nome	Máquina	Artigo	Operação	Tempo	Qualidade	Defeito
Produção							
1	Número de entidades de produção produzidas		X		X	X	
2	Número de metros de filme produzidos		X		X	X	
3	Número de metros quadrados de filme produzidos		X		X	X	
4	Work in progress				X		
Qualidade							
5	Percentagem de metros produzidos com defeitos	X	X	X	X		X
6	Percentagem de metros quadrados produzidos com defeitos	X	X	X	X		X
7	Grau de qualidade dos artigos produzidos		X		X	X	
8	Percentagem de cumprimento do planeamento da produção		X		X	X	
9	Percentagem de dados introduzidos de forma completa nos SI	X		X	X	X	
10	Percentagem de novos defeitos identificados na medição		X		X		X
11	Quantidade de setups realizados	X			X		
12	Impacto das melhorias implementadas pela Engenharia de Processos	X	X	X	X	X	
Tempo							
13	Percentagem de tempo designado a paragens previstas	X			X	X	
14	Percentagem de tempo gasto em paragens imprevistas	X		X	X		
15	Tempo em stock de artigos acabados		X		X	X	
16	Duração da produção de uma entidade de produção		X		X		
17	Tempo de vida médio real dos acessórios comparado com o esperado	X	X	X	X		
18	Percentagem de tempo utilizado em tarefas de valor acrescentado	X		X	X		
Custos							
19	Custo das operações de fabrico	X	X	X	X		
20	Custo das matérias primas		X	X	X		
21	Custo do consumo de acessórios	X	X	X	X		
22	Custo da não qualidade dos artigos (máquinas, tempo)	X	X	X	X		

Capítulo 5

Implementação e Resultados

Após o estudo realizado à produção e a obtenção de um entendimento aprofundado das tarefas realizadas, é então fundamental desenvolver uma aplicação capaz de dar resposta às necessidades da organização. Este capítulo terá como funções descrever os passos tomados para a implementação desta solução e apresentar os resultados obtidos.

De forma a providenciar uma melhor compreensão do sistema desenvolvido, torna-se indispensável introduzir a sequência de passos utilizada, apresentada na Figura 5.1, as relações existentes entre eles e qual a sua importância para o sistema.

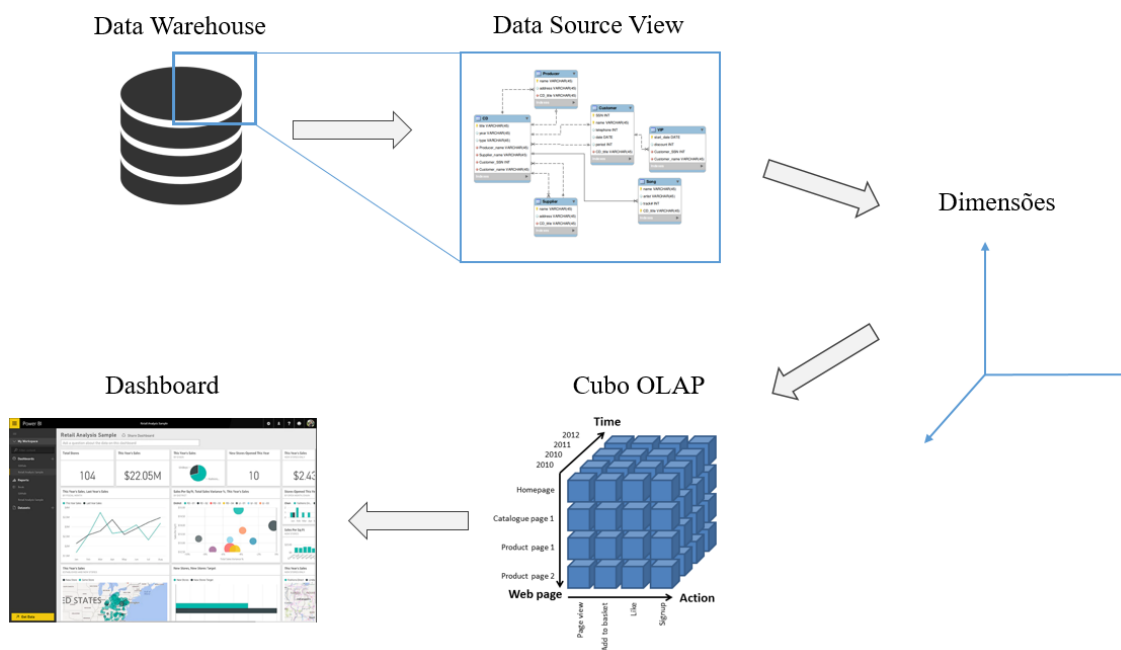


Figura 5.1: Sequência de passos para a implementação do sistema.

5.1 Desenvolvimento do Cubo OLAP

A partir da análise desenvolvida nos capítulos anteriores, torna-se indispensável a construção das ferramentas necessárias que permitam auxiliar a tomada de decisão. Para tal, neste subcapítulo, será apresentado o trabalho desenvolvido no contexto do cubo OLAP. Tal como referido no capítulo 2, este requer a divisão entre medidas e dimensões e, por isso, está intrínseca a esta fase uma profunda análise do *Data Warehouse*. Além disso, serão também apresentados todos os passos realizados para a obtenção do cubo, assim como os resultados atingidos.

5.1.1 Análise do *Data Warehouse*

Primeiramente, foi necessário efetuar uma análise ao DW da organização, visto este representar a origem dos dados a serem utilizados. Para tal, foi necessário proceder à seleção das tabelas de dados que possuem a informação exigida para a análise da produção. Ainda nesta fase, foi necessário verificar as relações existentes entre as tabelas selecionadas e a possibilidade de existência de informação importante em falta. Este processo permitiu compreender que não seria possível efetuar a análise de determinados elementos, como o impacto das melhorias realizadas pela engenharia do processo, devido à inexistência dos dados necessários. É importante referir que o DW já se encontrava desenvolvido e em utilização na organização, por isso, não foi possível efetuar alterações ao mesmo.

Este processo mostrou-se mais moroso do que o expectável, dada a dimensão e complexidade do DW, como é possível observar no Anexo A.

5.1.2 Criação de *Data Source Views*

A par do projeto de teste e a partir das tabelas de dados selecionados do DW, a fase seguinte consistiu na criação do *Data Source View*. Este permite efetuar modificações ao modelo relacional presente no DW. Essas alterações foram necessárias, devido à organização do DW que impossibilitava as relações necessárias entre as medidas e as dimensões. Por exemplo, as medidas relativas à quantidade de artigo produzido estavam localizadas numa tabela que as tratava como elementos de uma dimensão. Para solucionar este problema, foi necessário criar uma nova tabela com a informação apenas relativa às medidas, como é possível observar na Figura 5.2.

Além dessas alterações, foi também necessário criar membros calculados, a partir da informação contida nas tabelas já existentes. Tal foi relevante de modo a organizar os dados segundo a formatação utilizada pela empresa. Por exemplo, a organização refere-se a um determinado artigo pelo conjunto do seu código e da sua descrição, apesar de, no DW, estes campos aparecerem separados. O formato pretendido foi obtido de acordo com o apresentado na Figura 5.3.

O DSV obtido, após as alterações efetuadas, é composto pela Tabela 5.1, relativa às dimensões, e pela Tabela 5.2, relativa às medidas.

Edit Named Query

Name:

Description:

Data source: **AUDWH (primary)**

Query definition:

DimOE

- ☒ QtdPedida
- ☒ QtdTerminada
- ☒ QtdEntregue
- ☒ QtdMedida
- ☒ TempoProd
- ☒ ReWork
- ☒ LargPasta
- ☒ LargLacas
- ☒ LargHotMelt
- ☒ QtdMedidaB
- ☒ QtdMedidaC
- ☒ TotalFornecida
- ☒ NumeroPE
- ☒ Estado
- ☒ Encomenda

	Column	Alias	Table	Output	Sort Type	Sort Order
►	IdOE		DimOE	<input checked="" type="checkbox"/>		
	IdArtigo		DimOE	<input checked="" type="checkbox"/>		
	IdInicioProd		DimOE	<input checked="" type="checkbox"/>		
	QtdPedida		DimOE	<input checked="" type="checkbox"/>		

```

SELECT IdOE, IdArtigo, IdInicioProd, QtdPedida, QtdTerminada, QtdEntregue,
       QtdMedida, TempoProd, ReWork, LargPasta, LargLacas, LargHotMelt,
       QtdMedidaB, QtdMedidaC, TotalFornecida, NumeroPE, Estado, Encomenda,
       MedirPlaca, Experiencia
FROM   DimOE
WHERE  (OE LIKE '5%') OR
       (OE LIKE '6%') OR
       (OE LIKE '8%')

```

Figura 5.2: Criação de uma nova tabela no DSV.

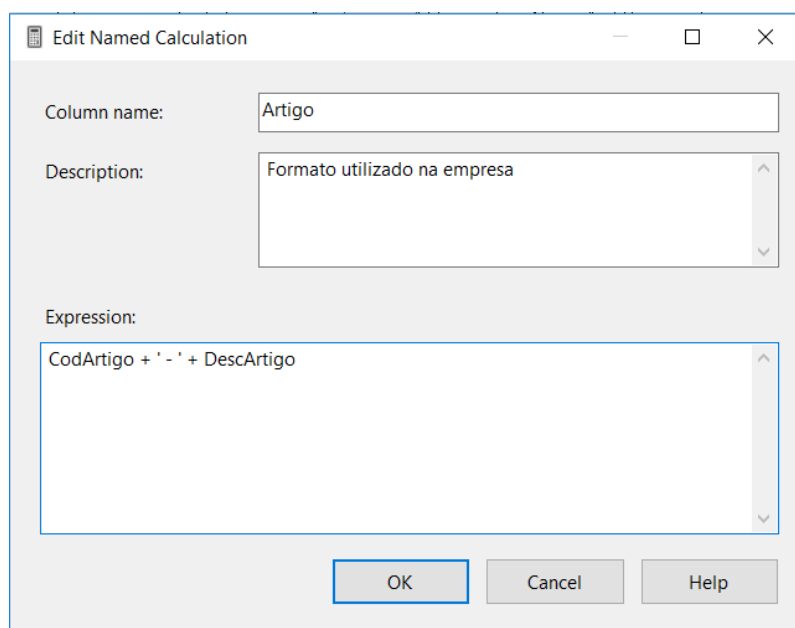


Figura 5.3: Criação de um membro calculado numa tabela já existente.

Tabela 5.1: Tabelas presentes no DSV referentes às dimensões.

Tabela	Informação presente
DimAcessorio	Descrição e tipo de acessório
DimArmazem	Descrição dos armazéns
DimArtigo	Tipo, família, material e descritivo dos artigos
DimDefeito	Descrição dos defeitos
DimHoraMinuto	Horas e minutos do dia
DimLocal	Locais da organização
DimMaquina	Descrição e custo de operação das máquinas
DimOE	Nota: apenas necessária para criar FactOEProd
DimOperacao	Descrição das operações
DimParametro	Descrição dos parâmetros
DimQualidade	Graus de qualidade
DimTempo	Dias, dias da semana, meses, trimestres, semestre e anos
DimUnidade	Unidades científicas

Tabela 5.2: Tabelas presentes no DSV referentes às medidas.

Tabela	Informação presente
FactAcessoriosPrevistos	Acessórios previstos na produção de cada ordem de execução
FactAcessoriosReais	Acessórios utilizados na produção de cada ordem de execução
FactDefeitos	Dados referentes a cada defeito detetado
FactEntidadesProducao	Nota: apenas necessário para criar FactFA
FactFA	Dados relativos a cada entidade de produção (data das operações, estado, tamanho)
FactMateriasPrimasPrevistas	Matérias primas previstas na produção de cada ordem de execução
FactMateriasPrimasReais	Matérias primas utilizadas na produção de cada ordem de execução
FactOEProd	Dados relativos a cada ordem de execução (tempo de produção, quantidade produzida)
FactOperacoesPrevistas	Operações previstas na produção de cada ordem de execução
FactOperacoesReais	Operações utilizadas na produção de cada ordem de execução
FactOperacoesTurnos	Data, turno e duração de cada operação efetuada numa ordem de execução
FactParametrosPrevistos	Parâmetros previstos na produção de cada ordem de execução
FactParametrosReais	Parâmetros utilizados na produção de cada ordem de execução

5.1.3 Criação das Dimensões

Após a construção do DSV, o procedimento seguiu as diretrizes apresentadas no projeto exemplo do capítulo 2. As dimensões do cubo foram criadas de acordo com a sua pertinência para a análise das medidas, desagregando-as segundo essas mesmas dimensões. Para cada dimensão, foram determinados os atributos necessários para a realização da análise prevista, assim como a definição de hierarquias. Após o conhecimento adquirido, com base na análise realizada à produção, foram criadas as dimensões presentes na Figura 5.4.

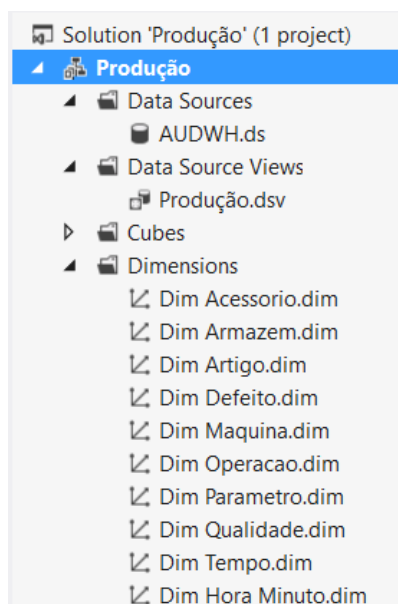


Figura 5.4: Dimensões criadas.

As Figuras 5.5 e 5.6 representam duas das dimensões criadas e são apresentadas a título de exemplo, ilustrando as ações previamente referidas.

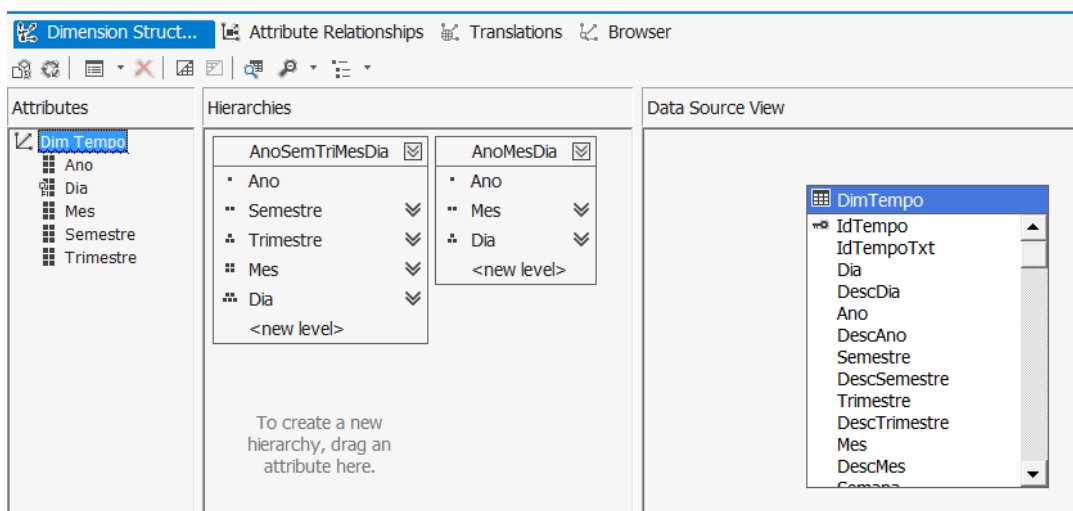


Figura 5.5: Dimensão tempo.

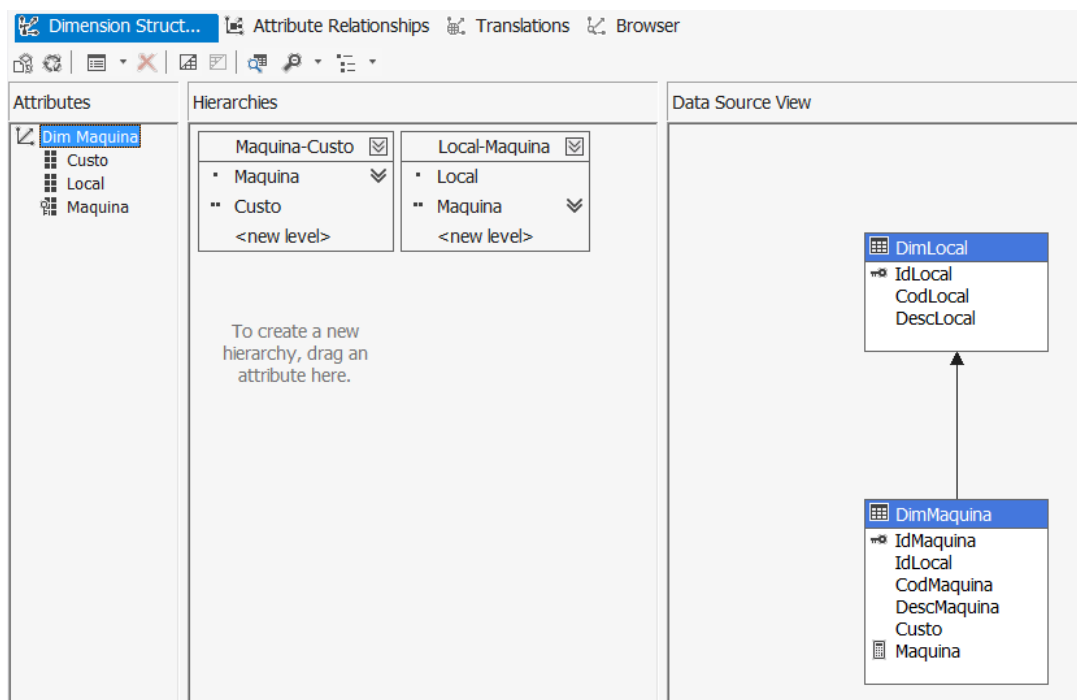


Figura 5.6: Dimensão máquina.

5.1.4 Criação do Cubo

Posteriormente, foram seleccionadas as dimensões relevantes para a análise das medidas relativas aos defeitos. É possível observar, na Figura 5.7, que não foram utilizadas, neste cubo, todas as dimensões previamente definidas, uma vez que algumas não eram necessárias para a análise a efetuar. Contudo, considerou-se pertinente a criação das restantes dimensões para poderem ser utilizadas, futuramente, em cubos que analisem outras características da produção.

The screenshot shows the 'Cube Struct...' window with the 'Dimension Usage' tab selected. It displays a table mapping dimensions to fact tables.

Dimensions	Fact Defeitos	Fact OE Prod
Dim Artigo	Artigo	Artigo
Dim Defeito	Defeito	
Dim Hora Minuto	Id Hora Minuto	
Dim Maquina	Maquina	
Dim Operacao	Operacao	
Dim Qualidade	Qualidade	
Dim Tempo	Dia	Dia

Figura 5.7: Estrutura do cubo desenvolvido.

Como foi referido no capítulo 2, foi implementado o cálculo de KPIs no cubo, utilizando as funções *Calculations* e *KPIs* do mesmo. Para determinar um KPI, é necessário definir a fórmula

para o seu cálculo, o valor objetivo, os diferentes estados possíveis face ao valor objetivo e a tendência face a cálculos anteriores do indicador. Para definir estas expressões, recorreu-se à função *Calculations*. A Figura 5.8 apresenta um exemplo do uso desta função.

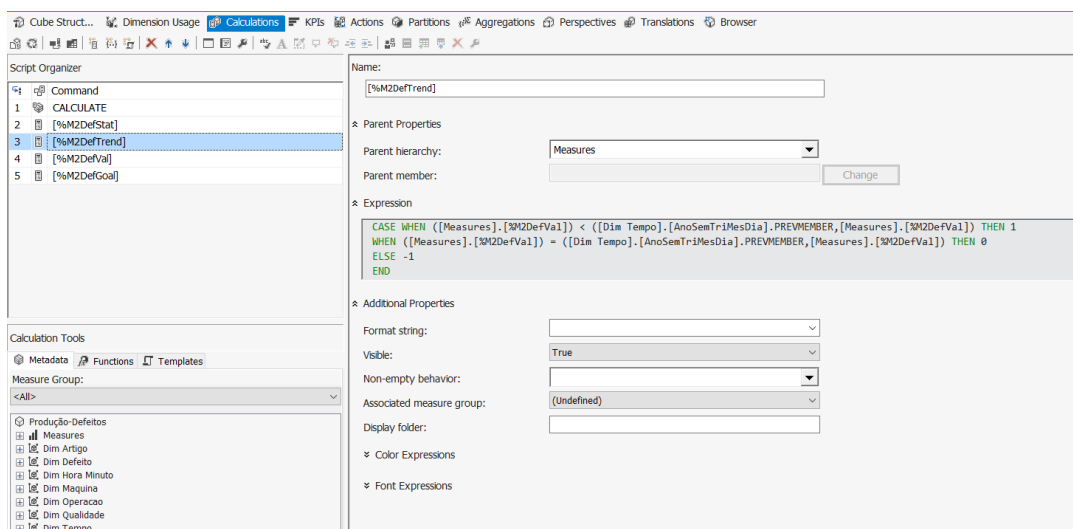


Figura 5.8: Exemplo de um membro calculado usando a função *Calculation*.

Utilizando os quatro membros calculados visíveis na Figura 5.8, foi possível proceder à criação de um KPI, neste caso, a percentagem de metros quadrados produzidos com defeito. Para tal, recorreu-se à função do cubo para criá-lo, como ilustrado na Figura 5.9.

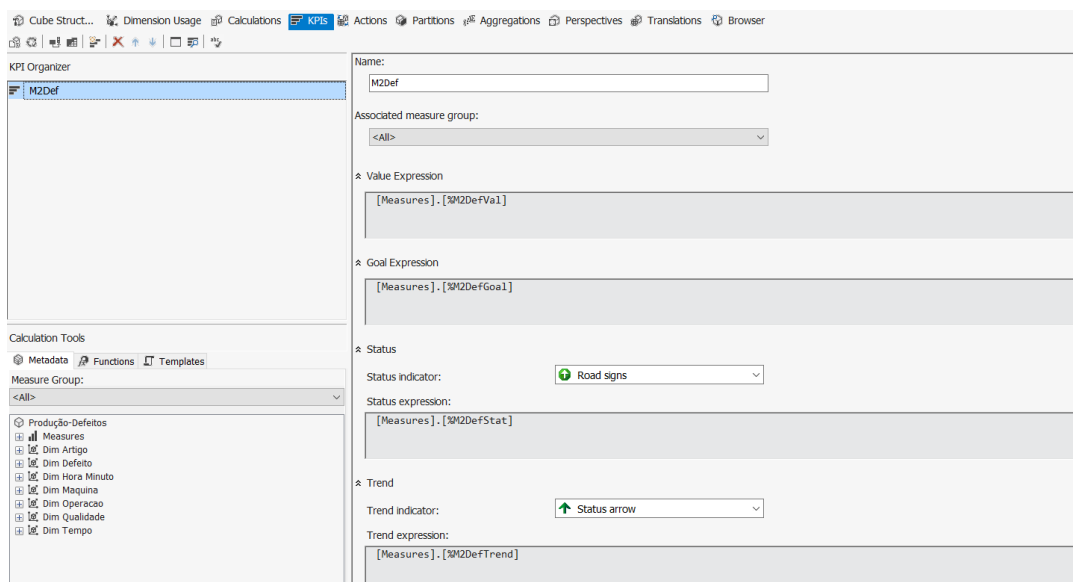


Figura 5.9: Criação de um KPI no BIDS.

A partir deste ponto, o cubo OLAP referente aos defeitos encontra-se desenvolvido de forma a ser possível obter os resultados apresentados no subcapítulo seguinte.

5.2 Resultados Obtidos no Cubo OLAP

Através da construção do cubo, torna-se então possível dar resposta ao objetivo de criar uma aplicação que auxilie a tomada de decisão. Um resultado que se tornou possível de analisar diz respeito à concentração dos defeitos ao longo das horas do dia, como apresentado na Figura 5.10.

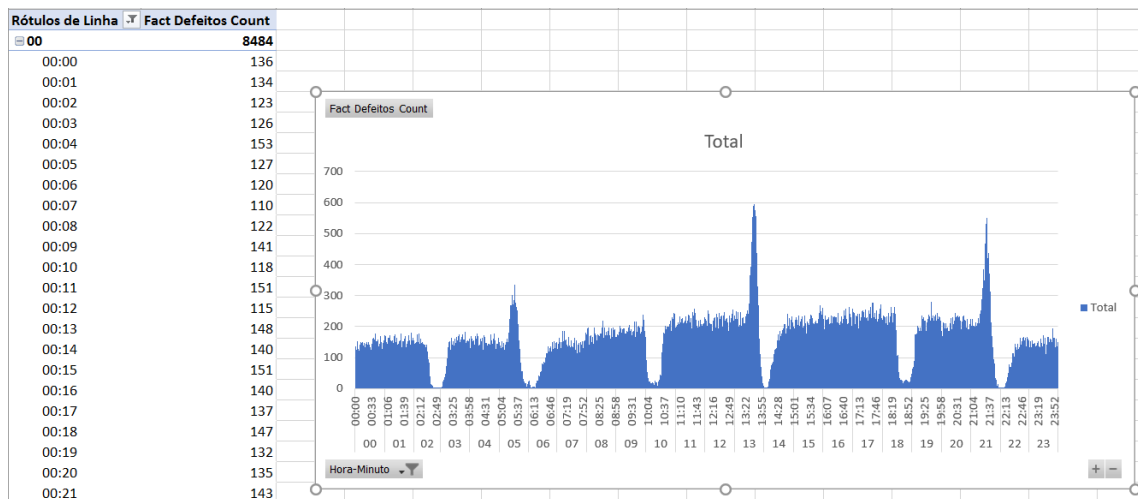


Figura 5.10: Resultados relativos à concentração dos defeitos ao longo do dia.

Como é possível observar, existe uma maior concentração de deteção de defeitos durante a última hora de cada turno (5:00h, 13:00h e 21:00h). Além disso, existe uma redução significativa dos defeitos durante os períodos de pausa (2:30h, 10:00h e 18:30h).

Outro resultado exemplificativo do género de análises possíveis de realizar está relacionado com a dispersão dos acontecimentos de defeito pelas várias máquinas da organização. Tal resultado é apresentado na Figura 5.11.

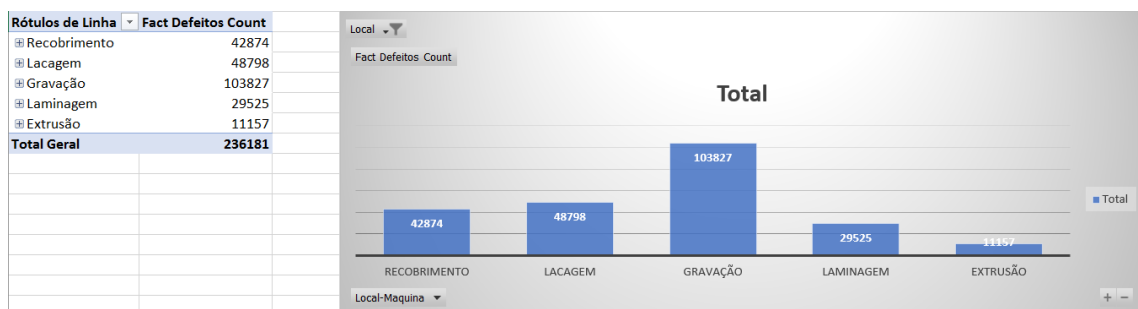


Figura 5.11: Resultados relativos à concentração dos defeitos por local.

De acordo com a leitura realizada da informação obtida, poderia ser proveitoso desagregar os dados relativos ao local com maior concentração de defeitos ("Gravação"). Essa operação é possível devido à utilização de hierarquias na criação da dimensão (DimMaquina), como apresentado na Figura 5.12.

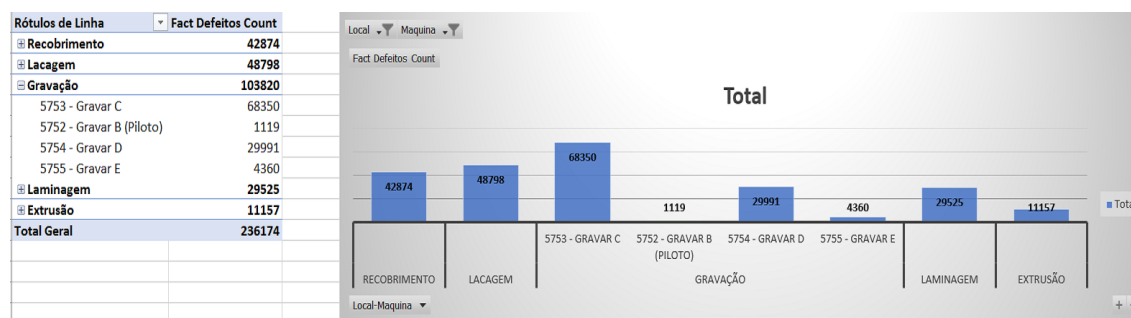


Figura 5.12: Resultados relativos à desagregação dos defeitos no local "Gravação".

Através desta desagregação, são demonstradas as máquinas relativas ao local "Gravação" e a concentração de defeitos correspondente a cada uma delas. Partindo desta funcionalidade de desagregação, é possibilitado ao utilizador um conhecimento mais aprofundado sobre a produção.

Além destas informações, é possível obter resultados dos KPIs criados no cubo. A Figura 5.13 demonstra os resultados do KPI, apresentado anteriormente no presente capítulo, relativo à percentagem de metros quadrados produzidos com defeito.

Rótulos de Linha	M2Def	M2Def Objetivo	M2Def Estado	M2Def Tendência
2009	6	10	✓	↓
2010	15	10	✗	↓
2011	2	10	✓	↑
2012	15	10	✗	↓
2013	1	10	✓	↑
2014	16	10	✗	↓
2015	18	10	✗	↓
Janeiro 2015	9	10	✓	↑
Fevereiro 2015	36	10	✗	↓
Março 2015	14	10	✗	↑
Abril 2015	17	10	✗	↓
Maio 2015	20	10	✗	↓
Junho 2015	11	10	✗	↑
Julho 2015	28	10	✗	↓
Agosto 2015	10	10	✓	↑
Setembro 2015	17	10	✗	↓
Outubro 2015	24	10	✗	↓
Novembro 2015	22	10	✗	↑
Dezembro 2015	14	10	✗	↑
2016	17	10	✗	↑
2017	17	10	✗	↑
Total Geral	13	10	✗	↓

Figura 5.13: Resultados obtidos no KPI.

No KPI apresentado, os valores da segunda coluna ("M2Def") correspondem ao valor calculado; na terceira coluna ("M2Def Objetivo") estão evidenciados os valores relativos ao objetivo definido; na quarta coluna ("M2Def Estado") estão presentes as informações relativas ao atingimento, ou não, do objetivo; e por fim, na quinta coluna ("M2Def Tendência") é apresentado o valor da tendência, ou seja, a comparação do valor atual com o anterior, verificando se este se apro-

xima ou afasta do objetivo. Como este KPI foi analisado sob a dimensão temporal (DimTempo), existe a possibilidade de o desagregar nesta dimensão, como é possível visualizar na Figura 5.13, relativamente ao ano de 2015.

5.3 Dashboard

No seguimento do projeto, foi desenvolvida uma *dashboard* que disponibiliza uma interface gráfica ao utilizador. Esta característica não era um requisito do projeto, mas foi realizada dada a potencialidade da sua integração nos sistemas da organização, no conceito de *Business Intelligence*. Uma vantagem da utilização destas *dashboards* reside no desenvolvimento prévio das mesmas e na atualização em tempo real dos dados apresentados. Sendo assim, a consulta repetitiva de certos valores torna-se mais célere. Neste subcapítulo serão apresentados todos os passos realizados para a obtenção da *dashboard*, assim como os resultados atingidos.

5.3.1 Obtenção dos Dados

Tal como indicado no capítulo 2, o *software* utilizado para o desenvolvimento da *dashboard* foi o *Microsoft Power BI*. Este *software* possibilita a recolha dos dados presentes no cubo OLAP realizado previamente, tal como apresentado na Figura 5.14.

Model View Structure:

- Opções de Apresentação
 - AUDWH
 - CuboDefeitos
 - CuboDefeitos2
 - Example
 - MultidimensionalProject1
 - MultidimensionalProject2
 - Produção [1] (selected)
 - Produção-Defeitos [1] (selected)
 - Produção-Defeitos [10]
 - Fact Defeitos [4]
 - Fact OE Prod
 - Measures [5]
 - Dim Artigo (checked)
 - Dim Defeito
 - Dim Hora Minuto
 - Dim Maquina
 - Dim Operacao
 - Dim Qualidade
 - Dim Tempo
 - teste

Produção-Defeitos Table:

Dim Artigo.Artigo	Dim Artigo.Base
---	---
5PG000310 - P30 (BRANCO2220 + CAST610)DIDP	5PG - Empastado de
5PG000710 - CINZENTO(BRANCO+PRETO)EM DIDP	5PG - Empastado de
5PG001720 - BRANCO MICROLITHE R-K SOLVENTE	5PG - Empastado de
5PG002135 - AMAR.SIC.L1835S EM DIDP	5PG - Empastado de
5PG004765 - VERMELHO MICROL.BR-K SOLVENTE	5PG - Empastado de
5PG005110 - AZUL IRGALITH BLP EM DIDP	5PG - Empastado de
5PG007730 - PRETO MICROLITH C-K SOLVENTE	5PG - Empastado de
5PG008140 - LAZER RED 3 EM DIDP	5PG - Empastado de
5PG008170 - VERDE SIGNAL GREEN.	5PG - Empastado de
2DAIA27556 - PVC Especiais	2D - PVC Especiais
2EACA20100 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC
2FBKA20799 - PVC Espuma 911 ou Similar	2F - PVC Espuma 911
2EAF20583 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC
2EAF20799 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC
2EAIA10799 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC
2EAIA30799 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC
2EAVA20100 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC
2EAVA20715 - PVC Espuma DIDP ou Similar	2E - PVC Espuma DIC

Os dados na pré-visualização foram truncados devido a limite tamanho.

Carregar Editar

Figura 5.14: Obtenção dos dados no *Power BI*.

5.3.2 Desenvolvimento da *Dashboard*

Visto que os dados obtidos se apresentam já tratados, não é necessário proceder a qualquer alteração. Apesar disso, o MPBI disponibiliza funcionalidades para modificação das tabelas, como a criação de novas colunas, e definição de relações entre elas.

Para o desenho de gráficos no MPBI, basta selecionar a informação que se pretende apresentar e o tipo de visualização ou gráfico escolhido. Porém, na maioria dos casos, pode ser pretendido tratar a informação apresentada. Para tal, o MPBI possibilita a utilização de filtros e a edição da visualização escolhida. Tal como no caso do cubo OLAP, a construção da *dashboard* baseou-se na análise feita à produção.

5.3.3 Resultados obtidos

Tendo como objetivo a prova de conceito da implementação desta tecnologia na organização, foi desenvolvido um exemplo, apresentado na Figura 5.15.

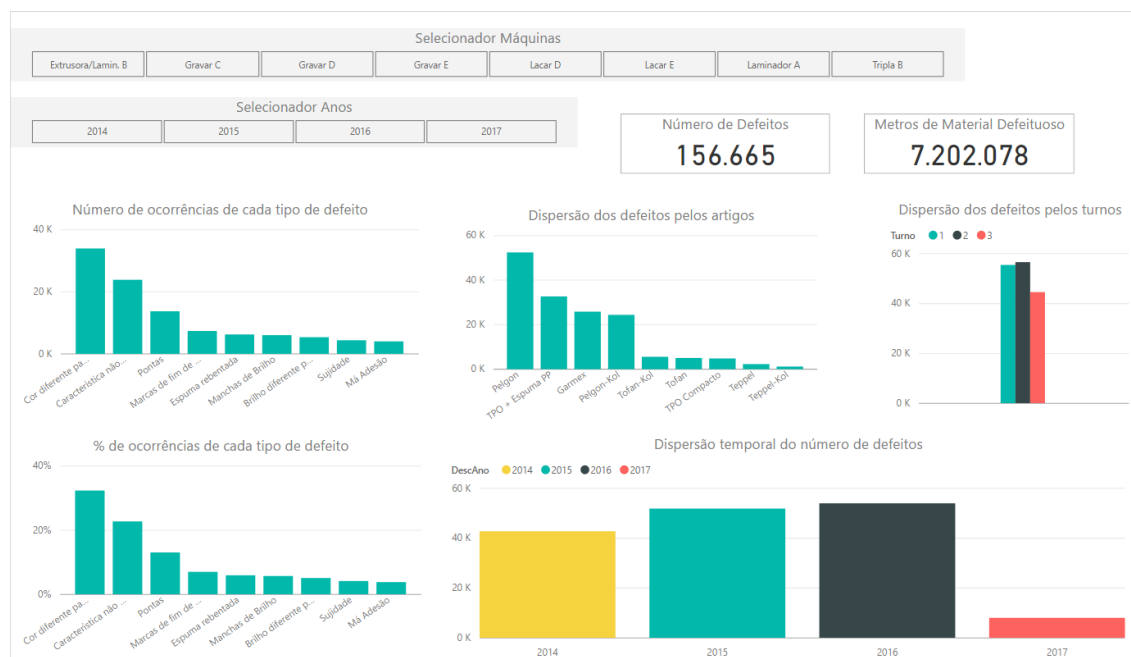


Figura 5.15: *Dashboard* exemplo realizada no MPBI.

Uma das características mais pertinentes neste tipo de solução é a adaptabilidade da mesma. A *dashboard* responde automaticamente à seleção de determinados fatores, atualizando os dados apresentados relativos ao fator selecionado. Os dados apresentados de seguida, na Figura 5.16, são referentes à máquina "Gravar C" no ano de 2016.

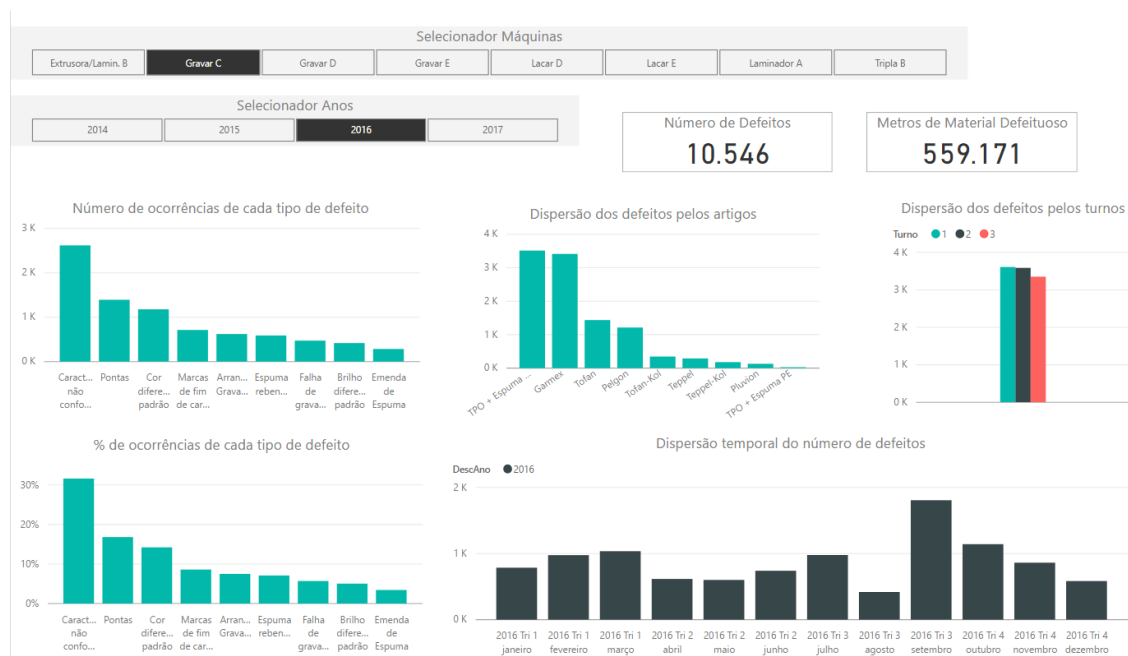


Figura 5.16: Exemplo da adaptabilidade da *dashboard*.

Capítulo 6

Conclusões

No presente capítulo serão apresentadas as conclusões alcançadas durante a implementação do projeto desenvolvido. Além disso, serão mencionadas possíveis melhorias ao sistema atual, como perspectivas futuras.

Este tipo de soluções de *Business Intelligence* tem como função auxiliar o trabalho de gestão das organizações, providenciando informação que de outra forma não estaria disponível. Para tal, transforma os dados não tratados, presentes no DW, de forma a obter informação útil e com significado. Além disso, estas soluções permitem recorrer a gráficos dinâmicos do *Excel*, o que providencia uma obtenção de conhecimento ao utilizador de uma forma muito mais célere e intuitiva. Tal é possível graças à capacidade destes sistemas em apresentar uma imagem global do sistema em análise.

6.1 Análise e Avaliação do Projeto

O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação contribuiu para o desenho e desenvolvimento de um sistema de BI relativo à produção, de modo a integrar o sistema já implementado pela organização noutras áreas dos seus serviços. O sistema desenvolvido consiste num cubo OLAP e numa *dashboard* criada em MPBI. Contudo, tendo em consideração a limitação temporal para a realização deste projeto, apenas foi possível implementar uma análise dos dados relativos aos defeitos da produção. No entanto, o mapeamento da produção e o quadro de KPIs construídos permitem a análise de toda a produção, de modo a possibilitar uma futura implementação abrangente a todo o sistema.

A metodologia utilizada no projeto, sistemas de engenharia, revelou-se uma escolha pertinente para a resolução do problema, permitindo afirmar que os objetivos foram cumpridos, pois os resultados alcançados permitem confirmar a operabilidade do sistema. Além disso, o estudo realizado para a implementação da *dashboard* possibilitou a aquisição de conhecimento relevante para o desenvolvimento de uma prova de conceito.

Os contributos oferecidos pela aplicação desenvolvida permitem:

- analisar a produção desenvolvida pela organização, em particular a ocorrência de defeitos, desagregando-os segundo vários fatores;
- calcular indicadores de desempenho da produção;
- obter uma imagem global da operação atual da organização;
- verificar a evolução das suas operações por um período longitudinal;
- suportar tomadas de decisão referentes à produção;
- criar *dashboards* interativas para análises realizadas regularmente.

O desenvolvimento deste projeto possibilitou a aquisição de competências profissionais relativamente à familiarização com as ferramentas utilizadas (*Microsoft Visual Studio - Business Intelligence Developer Studio* e *Microsoft Power BI*) e com os conceitos inerentes ao desenvolvimento de um sistema de *Business Intelligence*. Além disso, a realização da dissertação em contexto empresarial proporcionou uma experiência profissional que de outra forma não teria sido obtida.

6.2 Perspetivas Futuras

O sistema desenvolvido proporciona ao utilizador a capacidade de analisar detalhadamente os defeitos segundo todos os fatores da produção relacionados com estes. A partir do trabalho desenvolvido, a organização possui os instrumentos necessários para adaptar a metodologia utilizada aos seus sistemas. Numa perspetiva futura de adaptação do sistema à organização, deveria considerar-se a implementação, no cubo OLAP, de todas os aspetos da produção e do cálculo da totalidade dos KPIs apresentados.

Com o intuito de valorizar o sistema de BI desenvolvido, seria oportuno implementar a utilização de *dashboards*, realizadas no MPBI, na organização. O recurso a este género de aplicações permitiria a complementaridade dos dados apresentados pelo cubo OLAP e a diminuição do tempo de consulta em análises repetitivas.

Seria também interessante proceder à alteração do DW, com o objetivo de o tornar mais direcionado para a utilização deste tipo de sistemas, visto que a sua organização atual dificulta a criação de soluções BI.

Anexo A

Diagrama de Dados da Produção

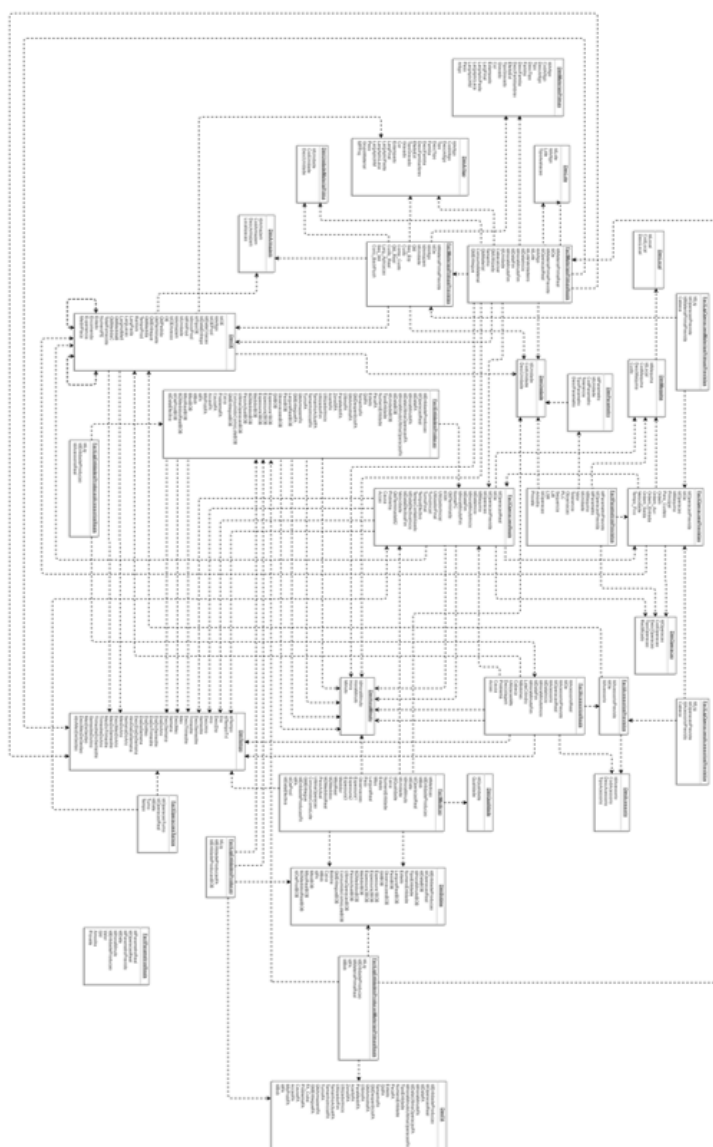


Figura A.1: Diagrama de dados do DW referente à produção.

Referências

- [1] Gartner. Business Intelligence Market, 2014. URL: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2723717>.
- [2] Almeida, Missao Ishikawa, Joerg Reinschmidt, e Torsten Roeber. Getting Started with Data Warehouse. *IBM International technical Support Organization*, (August):1 to 243, 1999. URL: www.redbooks.ibm.com.
- [3] TMG Automotive. Organização Sistemas de Informação, 2006.
- [4] The Defense Acquisition University Press of Virginia. System Engineering Fundamentals. 520(March), 2001.
- [5] Michael Alexander, Jare Decker, e Bernard Wehbe. *Microsoft Business Intelligence Tools for Excel Analysts*. 2014.
- [6] GetApp. BI Solutions Comparison. URL: <https://www.getapp.com/business-intelligence-analytics-software/a/microsoft-power-bi/compare/zoho-reports-vs-dundas-bi/>.
- [7] Liya Wu, Gilad Barash, e Claudio Bartolini. A Service-oriented Architecture for Business Intelligence. Em *Proceedings of the IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications*, SOCA '07, páginas 279–285, Washington, DC, USA, 2007. IEEE Computer Society. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/SOCA.2007.6>, doi:10.1109/SOCA.2007.6.
- [8] Carlo Dell'Aquila, Francesco Di Tria, Ezio Lefons, e Filippo Tangorra. Business intelligence systems: a comparative analysis. 2007.
- [9] R. M. Bogza e Dorin Zaharie. Business intelligence as a competitive differentiator. *2008 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2008 - THETA 16th Edition - Proceedings*, 1:146–151, 2008. doi:10.1109/AQTR.2008.4588724.
- [10] Ralph Kimball e Kevin Strehlo. *Why Decision Support Fails and How To Fix It*. 1995.
- [11] W.H. Inmon. *Building the data warehouse*. 2005.
- [12] E F Codd, S B Codd, e C T Salley. Providing OLAP (on-line Analytical Processing) to User-analysts: An IT Mandate. *Codd and Date*, 32:3–5, 1993. URL: <http://www.minet.uni-jena.de/dbis/lehre/ss2005/sem{ }dwh/lit/Cod93.pdf>.
- [13] The OLAP Council. OLAP AND OLAP Server Definitions, 1995.
- [14] Ralph Kimball e Margy Ross. *The Data Warehouse Toolkit.. The Complete Guide to Dimensional Modelling-Third Edition*. 2013.

- [15] Panos Vassiliadis. Modeling Multidimensional Databases, Cubes and Cube Operations. *International Conference on Scientific and Statistical Database Management*, páginas 53–62, 1998. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/SSDM.1998.688111>, doi:10.1109/SSDM.1998.688111.
- [16] Usama Fayyad, G Piatetsky-Shapiro, e Padhraic Smyth. From data mining to knowledge discovery in databases. *AI magazine*, páginas 37–54, 1996. URL: <http://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/viewArticle/1230>, arXiv:aimag.v17i3.1230, doi:10.1145/240455.240463.
- [17] Usama Fayyad, Gregory Piatetsky-Shapiro, Padhraic Smyth, e Ramasamy } Uthurusamy. *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*. American Association for Artificial Intelligence, Menlo Park, CA, USA, 1996.
- [18] Harold Kerzner. *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance*. Wiley, 2011.
- [19] Américo Azevedo. Indicadores de Desempenho R2 : Objetivos e Indicadores, 2016.
- [20] Microsoft. SQL Server Management Studio. URL: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/mt238290.aspx>.
- [21] Microsoft. Definição Microsoft Visual Studio. URL: [https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/52f3sw5c\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/52f3sw5c(v=vs.110).aspx).
- [22] TMG Automotive. Manual Organização Automotiva, 2012.
- [23] Ibis World. Global Car & Automobile Sales: Market Research Report, 2016. URL: <https://www.ibisworld.com/industry/global/global-car-automobile-sales.html>.
- [24] TMG Automotive. Descrição da Produção, 2016.
- [25] TMG Automotive. Programação da Produção de Pastas, 2009.